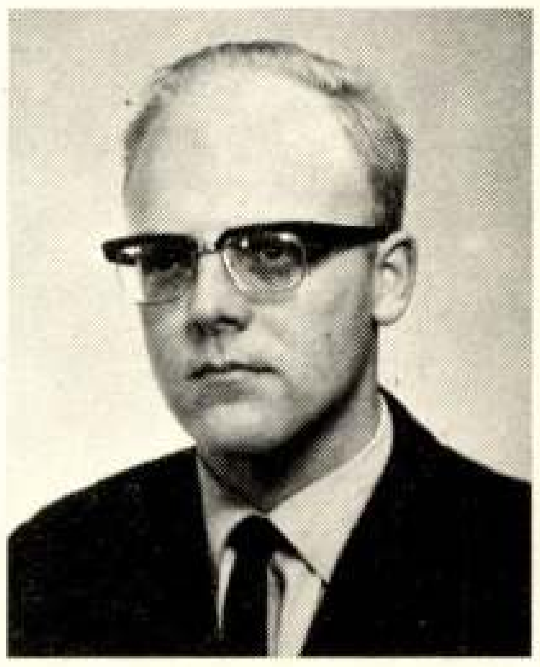
Elektronica en Telecommunicatie 12

Gemeenschappelijke publikatie van de
Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.
Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

621.376.6:621.396.39:629.19

Coherent detection methods for space communication [1])

by ir. R. W. Okkes, ESTeC [2])



Summary: Different detection methods of binary data transmitted on a satellite telemetry link are described and their performances compared. Coherent detectors for demodulation of PSK (phase-shift keyed) modulated binary data using phase-locked loop techniques, as presently used in the satellite ground stations for telemetry data acquisition of ESRO (European Space Research Organization), are considered in detail.

1. Introduction

In this article different detection methods of digital data transmitted on a telecommunications link between a scientific satellite and a ground station shall be considered. In essence such a telecommunications link consists of a high-frequency carrier transmission (in the 136-138 MHz band, presently used by ESRO and most US satellites) on which the data to be telemetered, encoded in binary form, are modulated. Among the different methods of carrier modulation by binary data the two following methods are often used for space communication because of their (near) optimum use made of transmission energy for bit detection:

- frequency shift keying (FSK) modulation by which process the binary information is translated into two different frequencies of the carrier;
- phase shift keying (PSK) modulation by which process the binary information is translated into two different phase shifts of the carrier.

As the transmission link at its receiving end is disturbed by additive white Gaussian noise which is received from the sky and generated by the receiver front end, the bit detection process has by the statistical nature of the noise a probability of making a wrong decision on whether a '0' or '1' has been transmitted. The bit error probability of the bit detector is a function of the method of bit detection and the signal-to-noise ratio at its input.

In chapter 2 some principles of bit detection methods of FSK- and PSK-modulated data shall be analysed and their different performances compared while in chapter 3 the instrumentation of PSK modulation coherent detectors shall be considered in detail.

2. Methods of bit detection

In the detection process an optimum use is made of the energy transmitted (in the sense of minimizing the bit detector's bit error probability) when the detector knows precisely the phase of the transmitted carrier. In this case the detection is referred to as coherent. If, on the contrary, no estimate of the carrier phase is available, the detection is referred to as incoherent.

For optimum coherent detection of binary data two basic requirements can be defined:

1. the signal received shall be passed through two filters in parallel, each filter being matched[3]) to each of the two possible waveforms. In this way the signal-to-noise ratio is optimized as the filter output which is matched to the actual signal received in a given bit period. By comparing the two filter output levels and by selecting the larger, an optimum decision is made whether a '0' or '1' has been transmitted;
2. the cross-correlation product of the two waveforms representing the binary data shall be as low as possible.

The conditions which meet the requirements for optimum coherent detection are now investigated for the case of FSK and PSK modulation. Fig. 1 shows the principle of coherent detection of FSK-modulated binary data, where the frequencies f_1 and f_2 represent the level of binary information. The matched-filter operation is realized by multiplying the input signal in parallel with the two possible waveforms transmitted. The refer-

[1]) Lecture given for the Benelux Section of I.E.E.E. and NERG at ESTeC, Noordwijk, February 21, 1969.
Manuscript received October 11, 1969.

[2]) *E*uropean *S*pace Research and *Te*chnology *C*entre of the *E*uropean *S*pace *R*esearch *O*rganization (ESRO).

[3]) A filter is called matched to its input, when its impulse response is a delayed, time-reversed version of that signal.

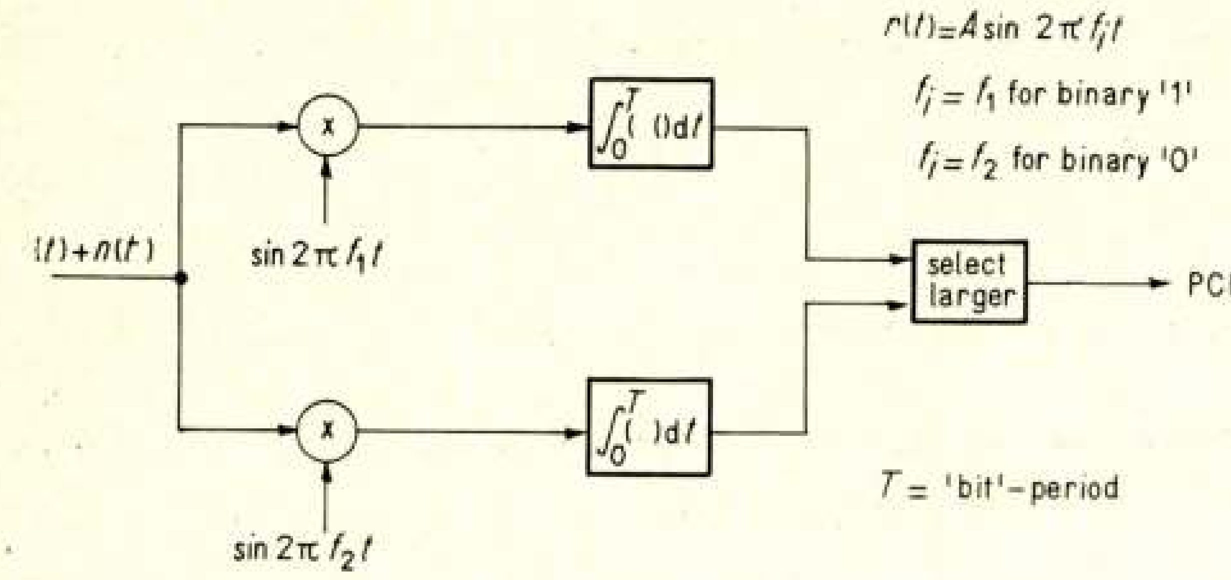


Fig. 1. Correlation detection for PCM/FM or FSK.

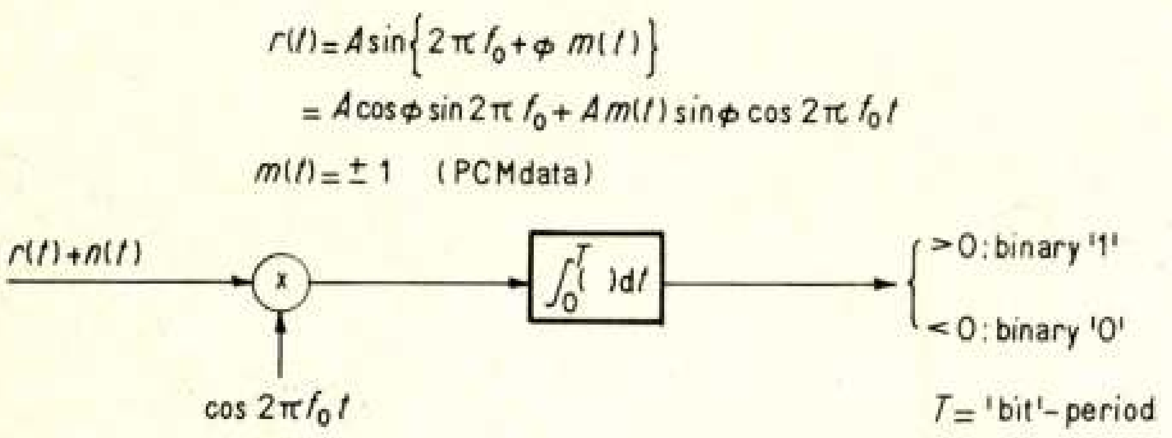


Fig. 2. Correlation detection for PCM/PM or PSK.

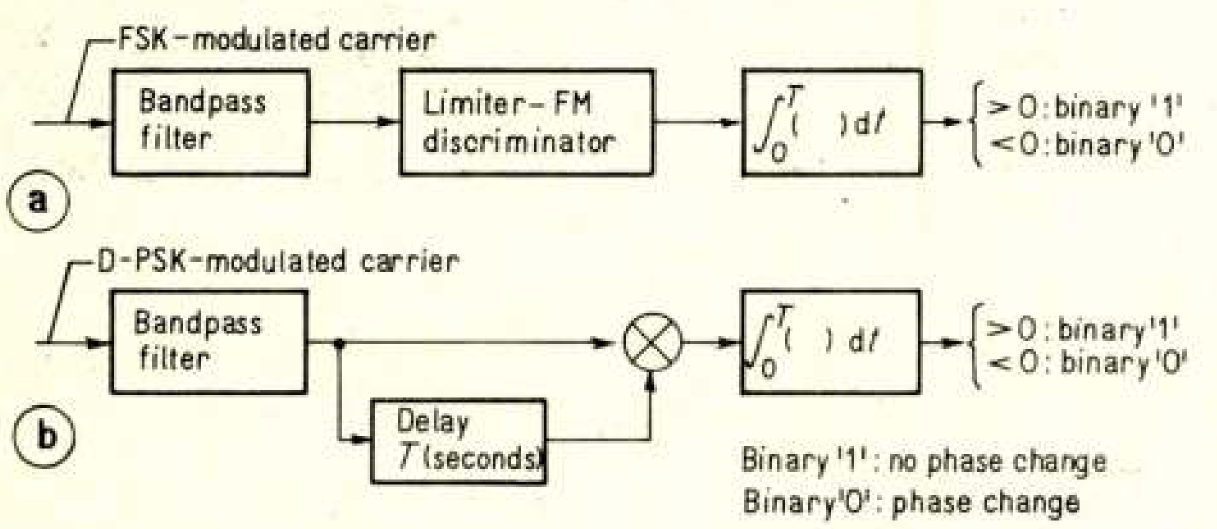


Fig. 3. a. Noncoherent detector for FSK modulation.
b. Decoding principle for differential PSK (D – PSK).

ence waveforms have to be in phase with the possible waveform received. The multiplication is followed by integration over the bit period and the bit decision takes place by comparing the two integrator output levels and selecting the larger.

The minimum value of the cross-correlation product between the two waveforms yielding thus a minimum bit-error probability of the bit detector, is achieved with a modulation index (m) of about 0.7, defined as:

$$m = \left| \frac{f_2 - f_1}{R} \right|$$

where R equals the bit rate.

Fig. 2 shows the principle of coherent detection of PSK-modulated data, where the modulation index of φ radians equals half the phase shift between the two possible carrier phases. As shown by the formula indicated on Fig. 2 the part of the signal which contains the information can be considered as a carrier with reduced amplitude (by a factor equal to sin φ), modulated by the binary data with a modulation index of $\pi/2$. With a modulation index of $\pi/2$ the two different waveforms have opposite polarity but the same signal shape. In general such waveforms are called antipodal and, having the lowest possible cross-correlation product equal to —1, consequently yield optimum bit-detector performance. The matched-filter operation can be performed here by one correlator and one integrate-and-dump circuit, because the bit decision can be simply taken on the value of the integrator output with respect to zero level.

Two other methods of bit detection which do not require an in-phase reference waveform generated at the receiving end, deserve some attention (see Fig. 3):

- non-coherent detection of FSK-modulated data (Fig. 3a) by means of a conventional limiter/FM discriminator followed by a bit detector. The bit detector again is realized by an integrate-and-dump circuit which can be considered as a matched filter to an – unfiltered – bit sequence as it appears (with noise) at the output of the FM discriminator;
- differentially coherent-phase detection of PSK-modulated data (Fig. 3b). The phase of the received waveform is compared with the phase of that during the preceding bit period, which is made possible by delaying the received waveform by a one-bit period. The bit decision following the integrate-and-dump circuit corresponds to the in or out of phase condition at the phase comparator. It should be noted that this type of detection requires that the modulation appears as a phase change for a '0' bit let us say and no phase change for a '1' bit.

The performance of the four different bit-detection methods mentioned above (coherent FSK and PSK, non-coherent FSK and differentially coherent PSK) expressed in terms of the required signal-to-noise ratio in order not to exceed a certain bit error probability is given in Fig. 4. The bit error probability considered here is one error out of 10^5 bits transmitted. A comparison between the different methods is made now in view of their application to satellite telemetry.

We notice that of the coherent detection methods PSK modulation offers about 1.5 dB advantage over FSK modulation. This is because in the case of FSK modulation the two different waveforms cannot be made antipodal as in the case of PSK modulation. In addition the system implementation for an FSK modulation coherent detector is complex as we need to generate two reference waveforms in phase with the input signal. Because of these considerations coherent detection of FSK-modulated data is less attractive as compared to coherent PSK detection. The performance of the non-coherent detector for FSK-modulated data of which the implementation is very simple (see Fig. 3a) is close to the performance of the coherent one (for bit rates

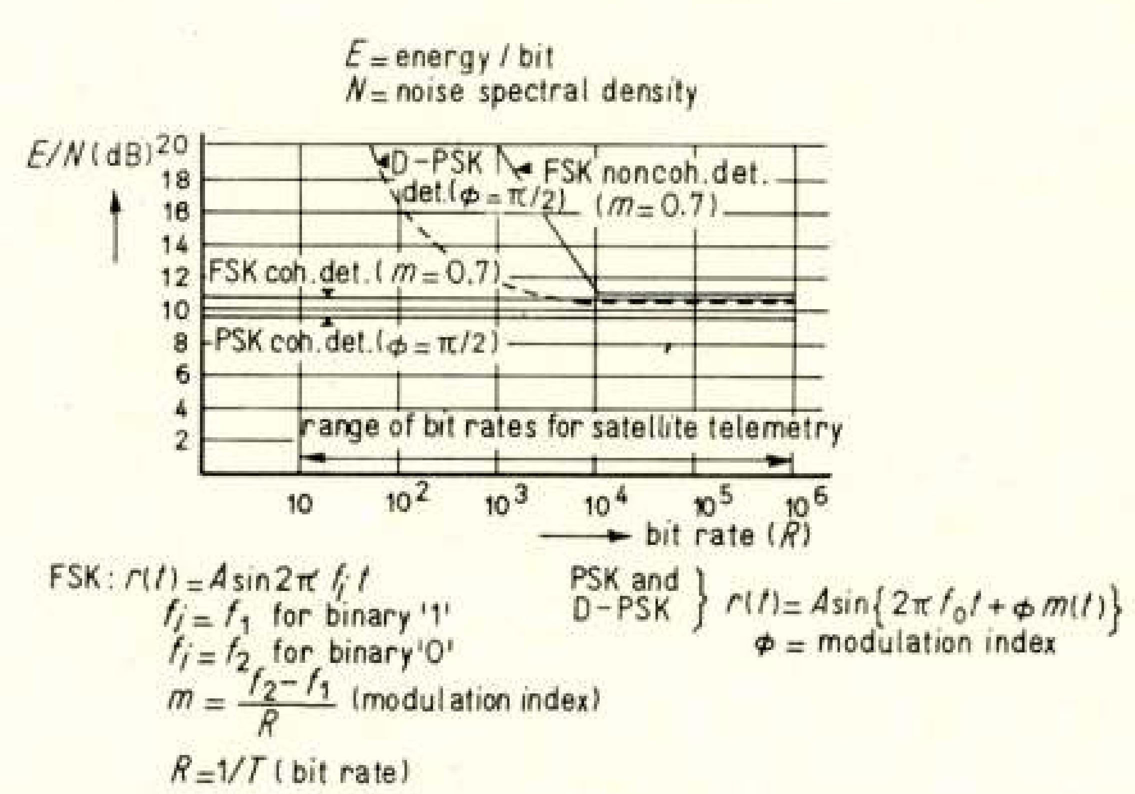


Fig. 4. E/N required for a bit error probability of 10^{-5}.
Predetection filter bandwidth = bit rate R ($R \geq 10^4$ bits/s, FSK)
= 10 kHz ($R < 10^4$ bits/s)

$> 10^4$ bits per second). For this type of detector however, the predetection filter bandwidth is of essential consideration because of the well-known threshold effect of the demodulator. For space application a lower limit of 10 kHz is set for the predetection bandwidth. Highly selective predetection bandwidths lower than 10 kHz would lead to inadmissible phase distortions and would not take account of the carrier frequency uncertainty due to Doppler shift and transmitter frequency variations of the order of $\pm$ 4 kHz total. It can be shown both experimentally and theoretically that optimum detection conditions exist when the predetection bandwidth equals the bit rate and the modulation index equals 0.7. This implies that non-coherent detector performance degrades rapidly for bit rates lower than the lowest predetection filter bandwidth (10^4 bits per second), as indicated in Fig. 4.

The performance of differentially coherent detection of PSK-modulated data is affected by the predetection bandwidth as well, although less significantly as in the case of the non-coherent FSK demodulation. This is because the phase comparison is made with a noisy reference of which the noise power is directly proportional to the predetection filter bandwidth.

As a conclusion it can be said that coherent detection of PSK-modulated data is most attractive for space application as it yields the lowest obtainable bit error probability over the full bit range of interest (10 to 10^6 bits per second). The generation of a clean reference waveform is of ultimate importance for proper detector operation, of which details shall be given in chapter 3.

3. Phase-coherent detectors for PSK-modulated data

Fig. 5 shows the schematic of a phase-coherent detector for a PSK-modulated carrier waveform where f_0 denotes the carrier frequency and φ the modulation index. The detector proper as shown before consists of a multiplier followed by an integrate and dump circuit. For proper detector operation precise phase synchronization is needed between the input signal and the reference signal. In addition a sampling pulse is required in synchronism with the bit transition point to dump the integrator output into the decision circuit. For the purpose of phase synchronization the phase of the received signal (after frequency down conversion) is controlled by means of a phase-locked loop. The error signal of the loop, given by the phase difference between the phase of a reference oscillator and the phase of the unmodulated carrier component of the signal received, controls, after filtering and amplification, the frequency of a voltage-controlled oscillator whose frequency is proportional to its input control voltage. The oscillator output is then used as input signal to the down converter. The closed-loop bandwidth must be small enough to filter out noise and modulation frequency components, in order to generate a stable reference waveform. Minimum values encountered in practice are in the range of 3 to 20 Hz.

The sampling pulses with a frequency equal to the bit rate are generated by a bit synchronization phase-locked loop, shown in Fig. 6. A fundamental problem for generating a synchronization signal at the bit rate exists because components at the bit rate or its harmonics, to which a locally generated signal could lock on, are missing in the frequency spectrum of the input signal. The frequency spectrum of the input signal for a random bit sequence is shown in Fig. 6.

A component at the bit rate can be derived from the input signal however by a non-linear type of operation on the signal.

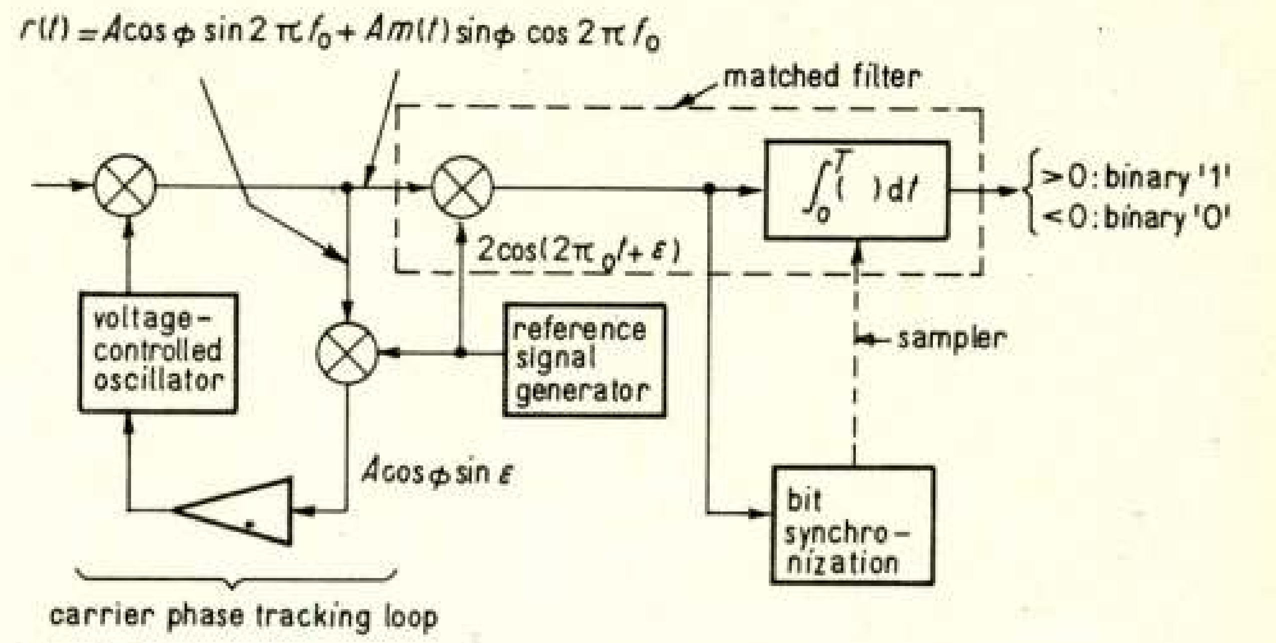


Fig. 5. Phase coherent system for PSK detection.

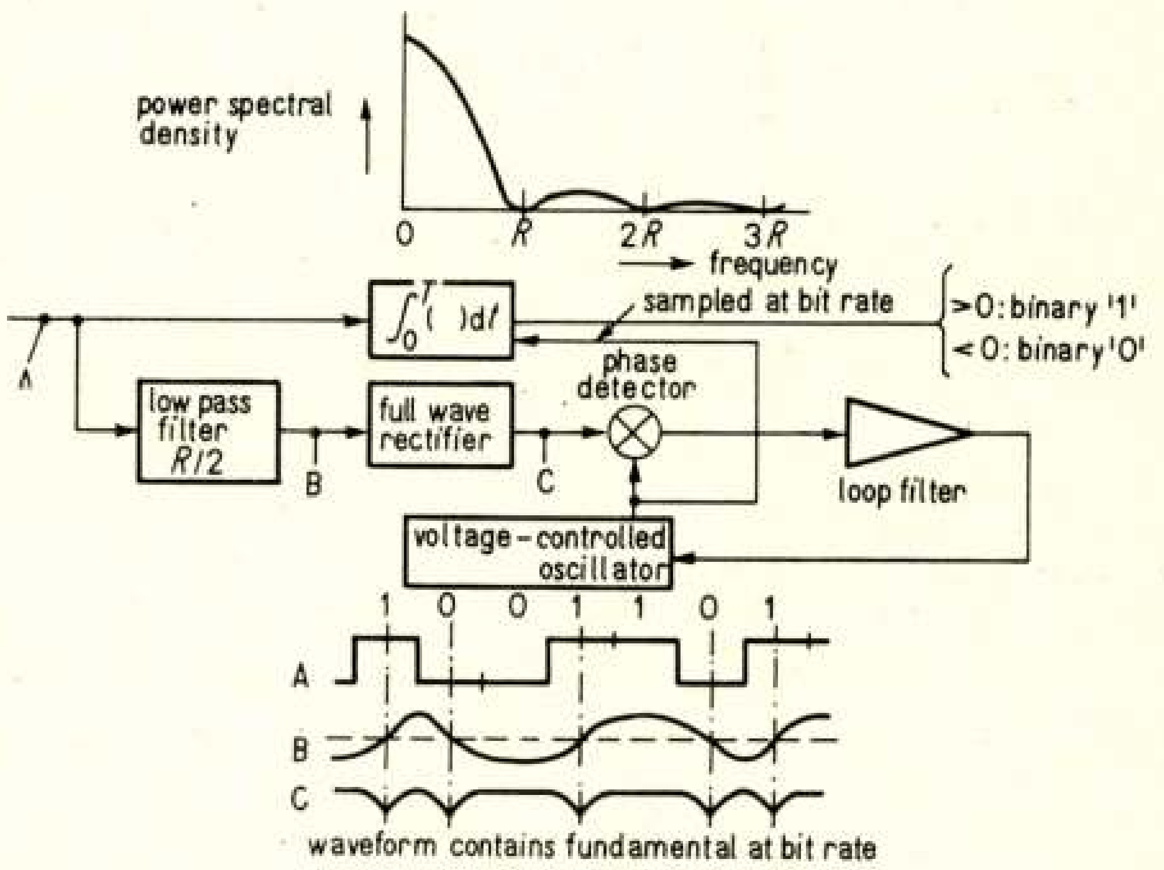


Fig. 6. Bit synchronization phase lock loop.

As shown in Fig. 6 by waveforms A to C, full wave rectification of the input signal after it has passed through a low pass filter generates spikes at the mid-points of those bit periods which follow a bit transition. The spectrum of waveform C does now contain a frequency component at the bit rate on which a voltage-controlled oscillator can be phase-locked. The stable clock generated in this way is used to sample the integrator at the end of the bit periods.

Telemetry data at a low bit rate, directly modulated on a carrier would disturb the carrier phase tracking loop operation if low frequency spectral components of the modulation spectrum should fall within the loop bandwidth. In this case it is mandatory to use a subcarrier at a frequency well above the loop cut-off frequency. The subcarrier, PSK-modulated by the binary data is in turn phase-modulated on the carrier as indicated by the formulas in Fig. 7, where:

ω_0 = carrier frequency
ω_s = subcarrier frequency
φ = modulation index of subcarrier
$m(t)$ = binary data sequence

As shown in Fig. 7 reference waveforms at the carrier and subcarrier frequency have to be generated for the matched filter operation on the first harmonic of the PSK-modulated subcarrier. As explained above for the case of direct modulation of the binary data on the carrier the reference waveform at carrier frequency can be generated by a carrier phase tracking

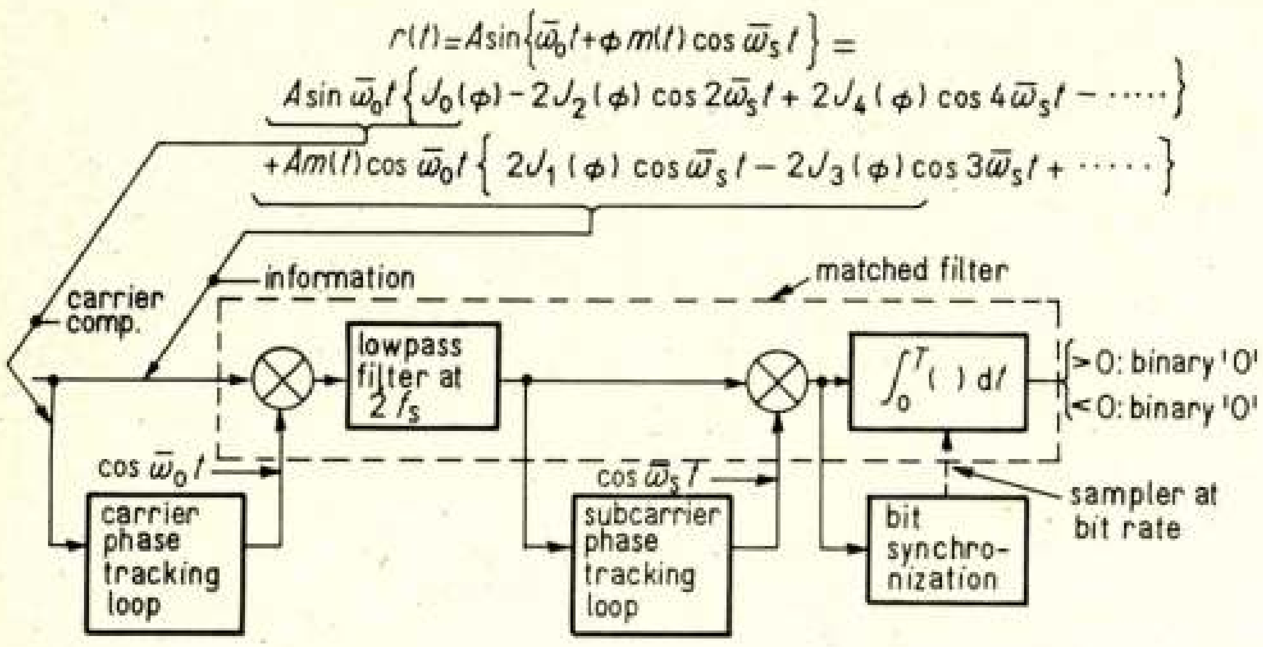


Fig. 7. Matched filter detection for first harmonic of PSK-modulated subcarrier.

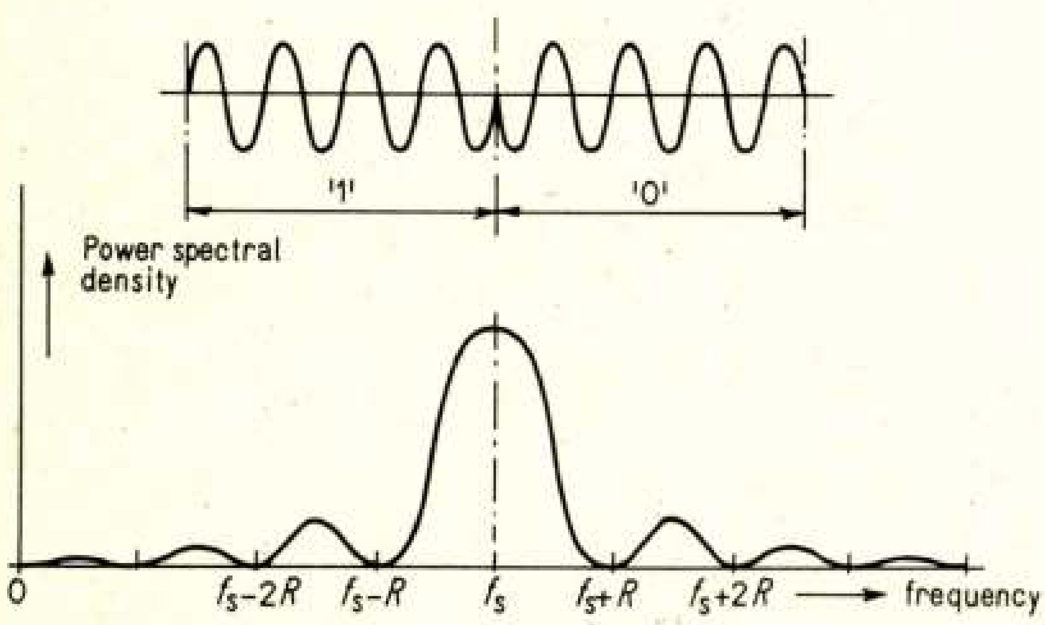


Fig. 8. Power spectrum for PSK subcarrier (modulation by random NRZ-PCM sequence).

loop, which locks on the unmodulated carrier component of the signal, given by:

$$r_1(t) = AJ_0(\varphi)\sin\omega_0 t$$

where:

A = carrier amplitude

$J_0(\varphi)$ = zero order Bessel function

The generation of a reference waveform at the subcarrier frequency is complicated by the fact that in the subcarrier modulation spectrum the component at the subcarrier frequency is suppressed by the modulation. Fig. 8 shows a typical PSK-modulated subcarrier waveform and its frequency spectrum when the modulation consists of a random binary data sequence. The subcarrier to bit rate ratio is here equal to four but can be any integer in practice.

Phase synchronization on such a suppressed subcarrier modulated signal can be performed by means of a so-called Costas type of phase tracking loop as shown in Fig. 9. The loop consists of two branches, the upper one performing the matched-filter operation on the data for which it contains a correlation detector followed by an integrate-and-dump circuit, and the lower one generating the phase error between the incoming signal and the reference signal generator (voltage-controlled oscillator).

To explain the operation of the loop, assume a phase error of ε existing between the phase of the input signal and the reference oscillator, but perfect bit timing. The upper branch generates a detected bit sequence $m(t)$ at the output of the hard limiter while in the lower branch the error signal $m(t)$ sin ε appears at the output of the integrator. Multiplication of the outputs of the two branches yields signal sin ε, which is used to control the frequency of the reference oscillator.

The correct bit-timing is essential for a good loop operation. The bit rate is here simply generated by dividing the subcarrier rate by the subcarrier to bit rate ratio (n). The initial phase position of this signal with reference to the bit transition points of the input signal can be however at any of the n possible positions. If a large deviation from the correct phase position occurs, the upper branch of the loop generates a bit stream with an increased probability of error while at the same time in the lower branch the error signal-to-noise ratio is decreased. These two phenomena cause loop instability, resulting in a search for a more favourable phase position by subcarrier cycle slipping. The acquisition time to reach (near) perfect bit synchronization decreases with decreasing input-signal-to-noise ratio, a somewhat remarkable characteristic of this type of loop configuration.

Because of its inherent phase uncertainty of the bit clock of the Costas-loop, the bit detection is performed by a separate integrate-and-dump circuit for which bit synchronization is obtained as described before. It should be noted furthermore that two stable conditions of the Costas-loop exist, viz. in phase or 180° out of phase position of the reference signal oscillator. The result of this is a level ambiguity of the detected bits, which however can be solved by using the information contained in the format synchronization pattern.

For the detection methods indicated in Figs. 5 and 7 (direct PSK and PM-PSK modulation respectively) the generation of the carrier reference waveform is performed by using the unmodulated signal component as input signal to the phase-tracking loop. The power contained by these spectral components should be minimized on one hand, as the power is lost for actual data transmission. On the other hand, the detector performance degrades with increasing phase fluctuations of the reference signal, the magnitude of which is inversely proportional to the unmodulated signal component to noise ratio. Apparently optimum values of the modulation index can be derived for given transmission link conditions.

A trade-off between the power needed for synchronization and data modulation can be avoided when using the total power (side band and unmodulated carrier power) for carrier synchronization purposes. A system based on this principle is shown in Fig. 10. The modulation of the carrier is considered here as direct PSK with an arbitrary modulation index of φ rad. Using the same principle as with the Costas-loop (where sin φ = 1) the side band power is used to control the voltage-

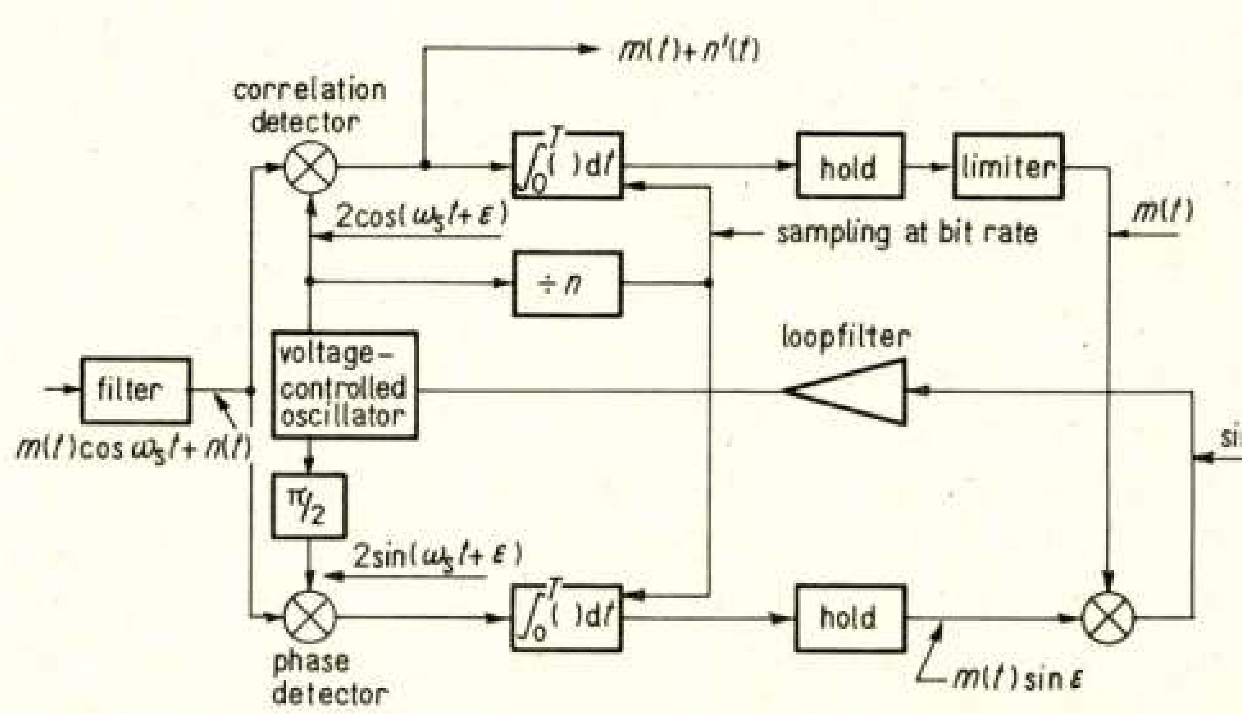


Fig. 9. Costas-type subcarrier phase-tracking loop (n = subcarrier-to-bit ratio).

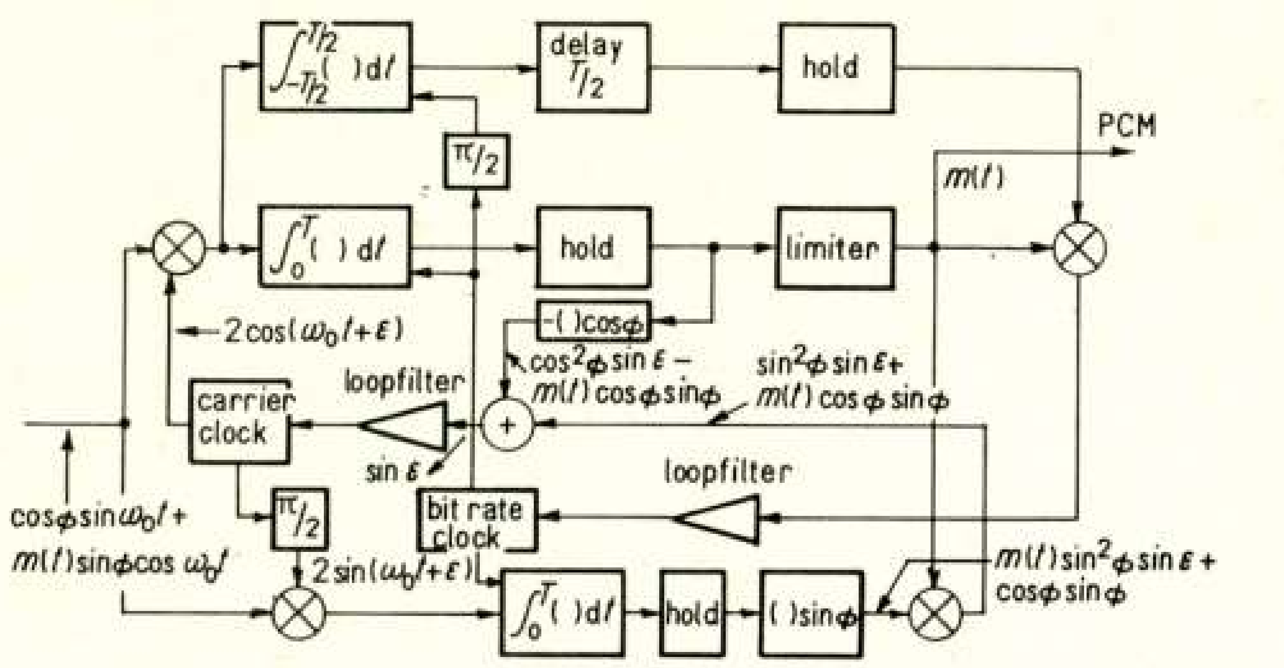


Fig. 10. Phase-coherent system for PSK detection using side band power for carrier synchronization.

controlled oscillator. The phase of the unmodulated carrier component is used for carrier phase synchronization as well by connecting to the input of the voltage-controlled oscillator a signal derived from the output of the integrator preceded by the correlation detector.

Bit synchronization is obtained by another loop similar to the Costas type. The error signal, which controls the bit rate clock is generated by multiplying the delayed output (by a half-bit period) of an integrator which integrates between one bit mid-point to the next (if the clock is in phase) with the polarity of the detected bits themselves (see Fig. 10).

The characteristics of this type of phase-coherent system as compared to the conventional types considered above can be summarized as follows:

1. Improved data detection performance because of:
   a. improved carrier phase synchronization;
   b. maximum power availability for data modulation.
2. Detection of direct PSK-modulated carriers down to very low bit rates as no input signal spectral components affect the carrier tracking loop operation.

With the exception of the last one, all systems considered in this paper are presently used in the ESRO ground stations for satellite telemetry data acquisition. The advantages of the unused system over the present systems in use only become significant in the case of low bit-rate telemetry and therefore its application shall be studied on the occasion of an eventual deep space mission.

621.394.4:621.394.64

Optimale repeater-afstand bij digitale transmissieketens [1])

door J. van der Plaats, afd. Elektrotechniek T.H. Eindhoven



Summary: *Optimum repeater distance in digital transmission lines.*
A digital communication channel is considered, consisting of distorting transmission lines and distortion-removing repeaters. The different factors determining the capacity of the discrete channel are derived and related with the cost of installation.

It is shown that there exists an optimum repeater-spacing corresponding with minimum cost per channel capacity. The theory is illustrated with examples and the expected future trend is discussed.

1. Inleiding

Bij het ontwerpen van een digitale transmissieketen, die is opgebouwd uit kabelstukken en repeaters is het van belang de afstand s tussen de repeaters weloverwogen te kiezen. Twee hoofdfactoren spelen hierbij een rol, nl. de kanaalcapaciteit en de aanlegkosten.

Bij het maken van een digitale transmissieketen ligt het voor de hand te streven naar een minimum van het quotiënt:

$$A = \frac{\text{aanlegkosten}}{\text{kanaalcapaciteit}} \qquad (1)$$

behalve als de hieruit volgende kanaalcapaciteit veel groter is dan gebruikt kan worden.

[1]) Colloquiumvoordracht gehouden voor de afdeling Elektrotechniek van de T.H. Eindhoven op 7 mei 1969.

2. De kanaalcapaciteit

Om een concreet geval voor ógen te hebben wordt een 'random' binair signaal verondersteld. De foutenkans bij een goed ontworpen digitale transmissieketen is zo klein, dat voor de berekening van de kanaalcapaciteit het kanaal mag worden beschouwd als een discreet storingvrij kanaal. Voor een random binair signaal is de kanaalcapaciteit dan gelijk aan de transmissiesnelheid, d.i. het aantal bits per tijdseenheid. De toe te passen maximale transmissiesnelheid hangt nauw samen met de mate waarin het digitale signaal wordt vervormd door een transmissielijn. Ter oriëntatie worden daarom enkele ter zake doende eigenschappen van transmissielijnen gereleveerd en wordt een uitdrukking voor de transmissiesnelheid afgeleid.

2.1. De transmissielijn-parameters

De eigenschappen van de homogeen verondersteld transmissielijn kunnen worden beschreven met de parameters C, G, R en L.

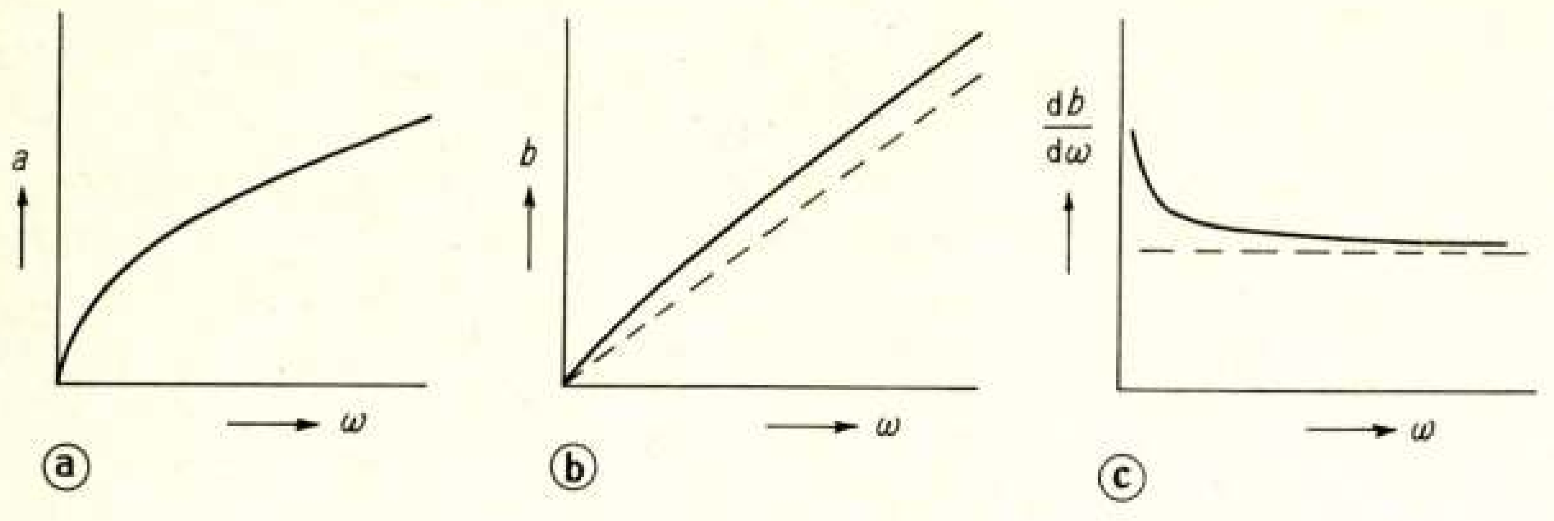


Fig. 1. Grafische voorstelling van het verloop bij hoge frequenties van resp. de demping (1a), de fasedraaiing (1b) en de groepslooptijd (1c) van een transmissielijn.

C, de capaciteit per eenheid van lengte is voor een gegeven kabel constant. G, de geleiding per eenheid van lengte wordt verwaarloosbaar klein verondersteld. R en L, respectievelijk de weerstand en de zelfinductie per eenheid van lengte, zijn beide afhankelijk van de frequentie.

Daar voor het bepalen van de toegestane transmissiesnelheid alleen het gedrag van de kabel voor hoge frequenties een rol speelt kan worden volstaan met de volgende uitdrukkingen voor R en L, die beter gelden naarmate de frequentie hoger is [2, 3]:

$$R = \lambda\sqrt{\omega} \tag{2}$$

$$L = L_e + L_i = L_e + \frac{\lambda}{\sqrt{\omega}} \tag{3}$$

λ = voor een gegeven kabel een constante die is bepaald door het materiaal en de configuratie van de geleiders; zo geldt bijvoorbeeld voor een coaxiale kabel:

$$\lambda = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)\sqrt{\frac{\mu}{2g}} \tag{4}$$

waarbij r_1 en r_2 respectievelijk de straal van de binnengeleider en de binnenstraal van de buitengeleider, μ de permeabiliteit en g de specifieke geleiding

ω = $2\pi f$ = cirkelfrequentie

L_e = de externe zelfinductie per eenheid van lengte, samenhangend met het magnetische veld in het diëlektricum, onafhankelijk van de frequentie

$L_i = \dfrac{\lambda}{\sqrt{\omega}}$ = de bijdrage tot L samenhangend met de magnetische energie binnen de geleiders

2.2. De eigenschappen bij hoge frequenties in het frequentiedomein

In formule (5), (6) en (7) zijn respectievelijk uitdrukkingen voor de demping, de fasedraaiing en de groepslooptijd weergegeven en in fig. 1 de bijbehorende grafische voorstelling [2, 3]:

$$a = \left(\tfrac{1}{2}\,\omega\,\tau_1\right)^{\frac{1}{2}} \tag{5}$$

$$b = \omega\tau_0 + \left(\tfrac{1}{2}\,\omega\,\tau_1\right)^{\frac{1}{2}} \tag{6}$$

$$\frac{\mathrm{d}b}{\mathrm{d}\omega} = \tau_0 + \tfrac{1}{4}\cdot\left(\frac{2\tau_1}{\omega}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{7}$$

De tijdconstanten τ_0 en τ_1 zijn als volgt gedefinieerd:

$$\tau_0 = s\left(L_e\,C\right)^{\frac{1}{2}} \tag{8}$$

$$\tau_1 = \lambda^2 s^2\,\frac{C}{2\,L_e} \tag{9}$$

Hierin is s = kabellengte

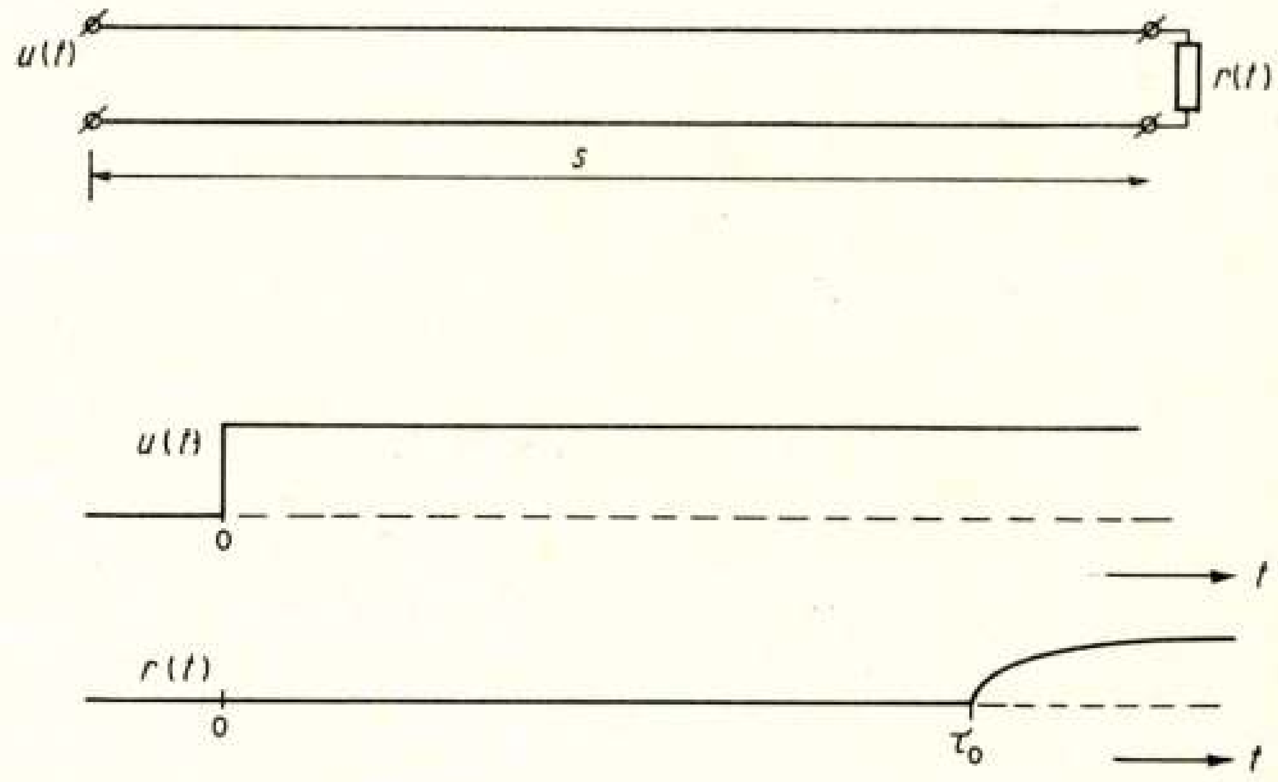


Fig. 2. De responsie $r(t)$ van een transmissielijn op een stap $u(t)$.

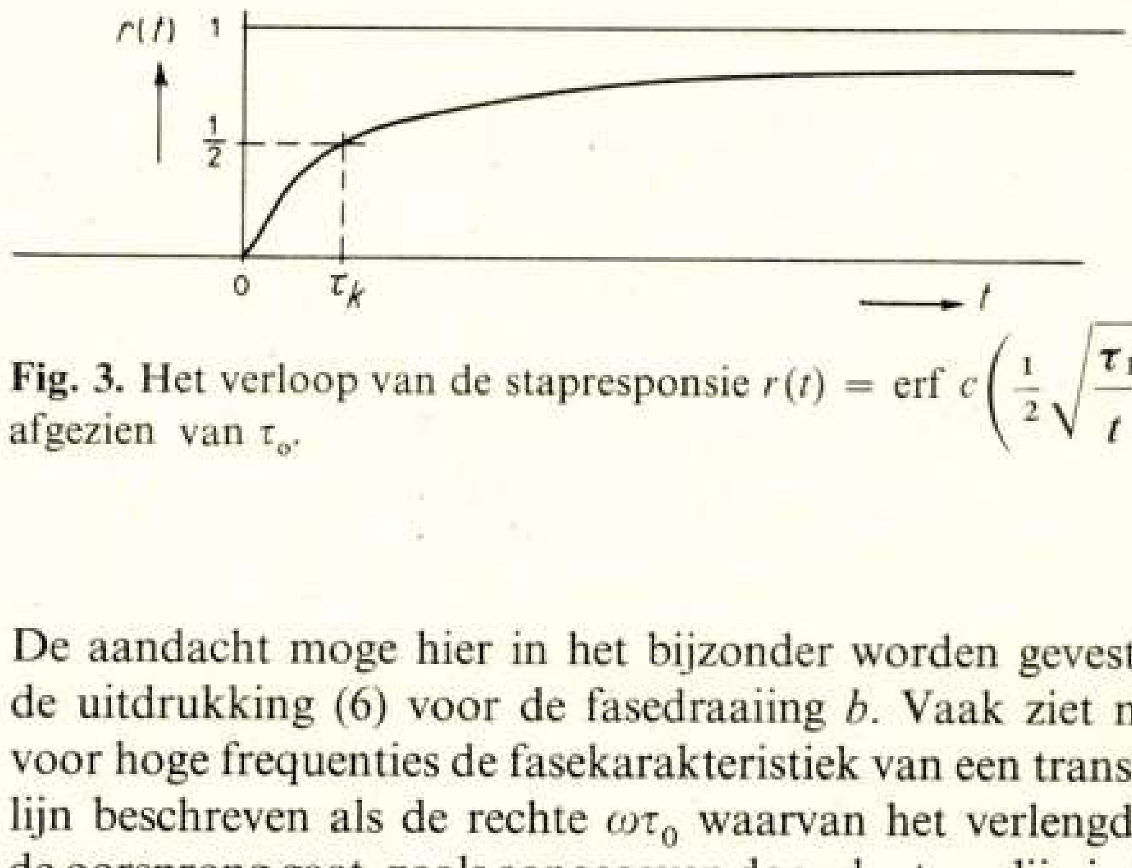


Fig. 3. Het verloop van de stapresponsie $r(t) = \mathrm{erf}\,c\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\tau_1}{t}}\right)$ afgezien van τ_o.

De aandacht moge hier in het bijzonder worden gevestigd op de uitdrukking (6) voor de fasedraaiing b. Vaak ziet men nl. voor hoge frequenties de fasekarakteristiek van een transmissielijn beschreven als de rechte $\omega\tau_0$ waarvan het verlengde door de oorsprong gaat, zoals aangegeven door de streeplijn in fig. 1b. De parabolische tweede term van (6) is dan niet te voorschijn gekomen omdat men de zelfinductie per eenheid van lengte constant heeft genomen, hiertoe geleid omdat:

$$\lim_{\omega\to\infty} \frac{L_i}{L_e} = 0 \tag{10}$$

2.3. De responsie van een transmissielijn op een stap

Na het toevoegen van een stap $u(t)$ aan de ingang van een transmissielijn met lengte s (zie fig. 2) verstrijkt er een tijd τ_0, samenhangend met de eerste term in (6) en (7) voordat aan de uitgang van de kabel enige reactie wordt geconstateerd.

Hoewel de tweede term in de uitdrukking (6) voor toenemende ω veel kleiner wordt dan de eerste term, bepaalt toch deze tweede term, tezamen met de dempingsterm (5) de vorm van de responsie, die afgezien van τ_0 voor niet te lange karakteristiek afgesloten transmissielijnen en voor niet te grote t kan worden weergegeven door [2, 4, 5, 6, 7]:

$$r(t) = \mathrm{erf}\, c\left(\tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{\tau_1}{t}}\right) \tag{11}$$

Het verloop van deze responsie is getekend in fig. 3. Voor de vertragingstijd τ_k, de tijd benodigd om de halve eindwaarde te bereiken wordt gevonden:

$$\tau_k = 1{,}1\ \tau_1 = cs^2 \tag{12}$$

met:

$$c = 1{,}1\ \lambda^2 \frac{C}{2L_e} \tag{13}$$

In werkelijkheid wordt geen ideale stap aan de kabel toegevoerd, maar een stap met eindige stijgtijd. Als het uitgangscircuit van een repeater wordt voorgesteld als in fig. 4 met het bijbehorende ingangssignaal aan de kabel als in fig. 5, dan kan de resulterende vertragingstijd aan het einde van de kabel met goede benadering worden gegeven door [8]:

$$\tau_d = \tau_r + \tau_k \tag{14}$$

2.4. De responsie op een digitaal signaal, de transmissiesnelheid

Uit de resulterende responsie op de niet-ideale stap kan de responsie op een binair signaal worden afgeleid. Om bij een random signaal de responsie te kunnen beoordelen is het oogpatroon van het ontvangen signaal goed bruikbaar. Daar de responsie op een stap een monotoon stijgende functie is, kunnen de grenzen van het oog eenvoudig worden geconstrueerd [2], waarbij blijkt, dat bij een bittijd T gelijk aan τ_d het oog nog juist open is. Met zeer weinig hulpmiddelen kan de kabel zodanig worden gecorrigeerd, dat het oog bij deze bitsnelheid royaal is geopend, zodat het gerechtvaardigd is om in eerste instantie te rekenen met een maximale bittijd gelijk aan τ_d en dus een minimale kanaalcapaciteit gelijk aan:

$$\frac{1}{\tau_d} = \frac{1}{\tau_r + cs^2} \tag{15}$$

Door verdere correctie kan de kanaalcapaciteit worden vergroot, zie hiervoor hoofdstuk 5.

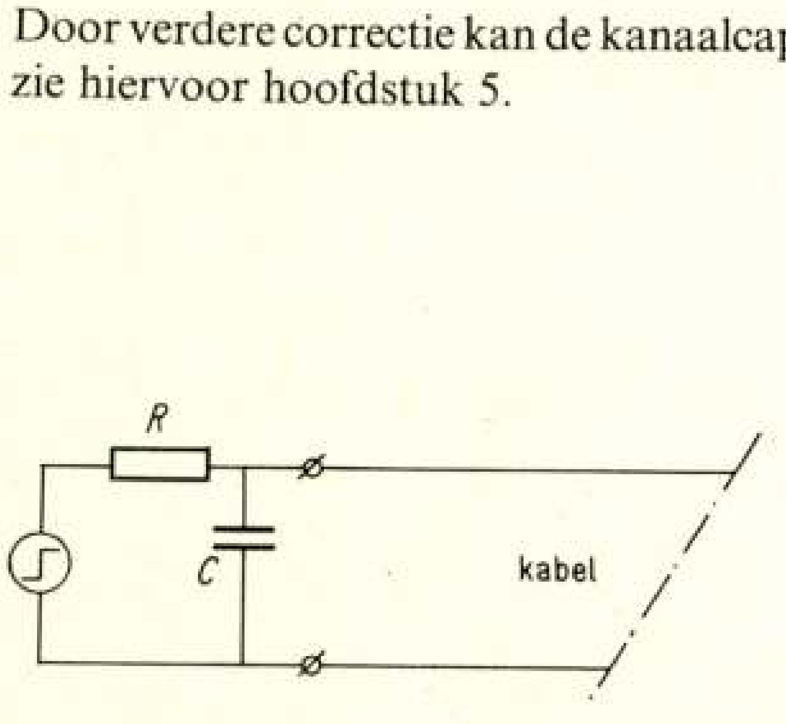


Fig. 4. Benadering van het uitgangscircuit van een repeater met parasitaire capaciteit.

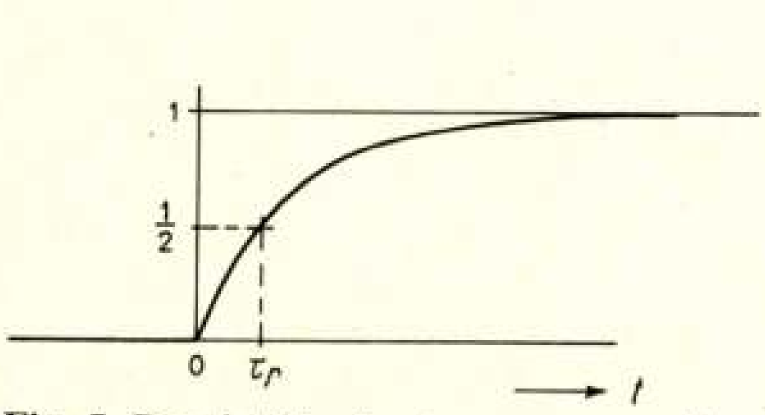


Fig. 5. De niet-ideale stap met vertragingstijd τ_r.

3. De aanlegkosten van een transmissieketen

Deze kosten zijn te splitsen in drie hoofdposten, nl. de kosten van de kabel, de kosten die samenhangen met het leggen van de kabel (de geulkosten) en de kosten van de repeaters. Stel:

k = kabelkosten per meter
l = legkosten per meter (de geulkosten), die althans in Nederland onafhankelijk van de geografische ligging in rekening worden gebracht
r = kosten van één repeater
n = aantal dubbelkabels per geul
m = aantal aderparen (circuits) per kabel

Dan volgen de kosten per circuit en per meter:

$$\frac{k}{m} + \frac{l}{m \cdot n} + \frac{r}{s} \tag{16}$$

Eenvoudigheidshalve is hierbij aangenomen, dat de legkosten onafhankelijk zijn van het aantal kabels in één geul.

De totaal mogelijke capaciteit in één richting wordt dan:

$$\frac{m \cdot n}{\tau_k + \tau_r} \tag{17}$$

Om een indruk te krijgen van de grootte van de genoemde factoren de volgende waarden:

- Een volgens C.C.I.T.T.-recommendation G334 gefabriceerde 2,6/9,5 kabel: $k = f\,10$,—.
- Een draaggolfkabel 12 × 4 × 1,3 (12 stergroepen, draaddikte 1,3 mm): $k = f\,10$,—.
- Legkosten voor dubbelkabel per meter: $l = f\,20$,—.
- Voor een repeater, inclusief montage, kan worden gerekend met een bedrag van de orde van grootte van $r = f\,1000$,—.

4. De kosten per kanaalcapaciteit en per eenheid van lengte

Samenvoegen van de gevonden uitdrukkingen (15) en (16) voor respectievelijk de kanaalcapaciteit en de aanlegkosten per circuit en per meter levert de gevraagde verhouding:

$$A = \left(\frac{k}{m} + \frac{l}{m \cdot n} + \frac{r}{s}\right)\left(cs^2 + \tau_r\right) \tag{18}$$

Hieruit kan rechtstreeks de optimale repeater-afstand worden berekend en de bijbehorende transmissiesnelheid. Echter, om de invloed van verschillende factoren beter te overzien kan A worden geschreven als een vierterm:

$$A = \left(\frac{k}{m} + \frac{l}{m \cdot n}\right) cs^2 + rcs + \left(\frac{k}{m} + \frac{l}{m \cdot n}\right)\tau_r + \frac{r\tau_r}{s} \tag{19}$$

Wordt A grafisch uitgezet tegen s en wel beide op logaritmische schaal, dan worden alle termen afzonderlijk weergegeven door rechte lijnen, die onafhankelijk van de grootheden in (19) onder constante hoeken verlopen (zie fig. 6).

Als de digitale transmissieketen wordt gebouwd met reeds voor analoge transmissie gebruikte kabels, zoals het geval is bij het overgaan op PCM voor telefonie, waarbij pupinspoelen worden vervangen door repeaters, dan kan het geval zich voordoen, dat de kabels geheel of voor een groot deel zijn afgeschreven.

Het is daarom zinvol twee extreme gevallen te bezien, nl. één waarbij de kabels geheel zijn afgeschreven ($k = l = 0$) en één geval met een nieuw te maken verbinding waarbij k en l ten volle worden meegeteld.

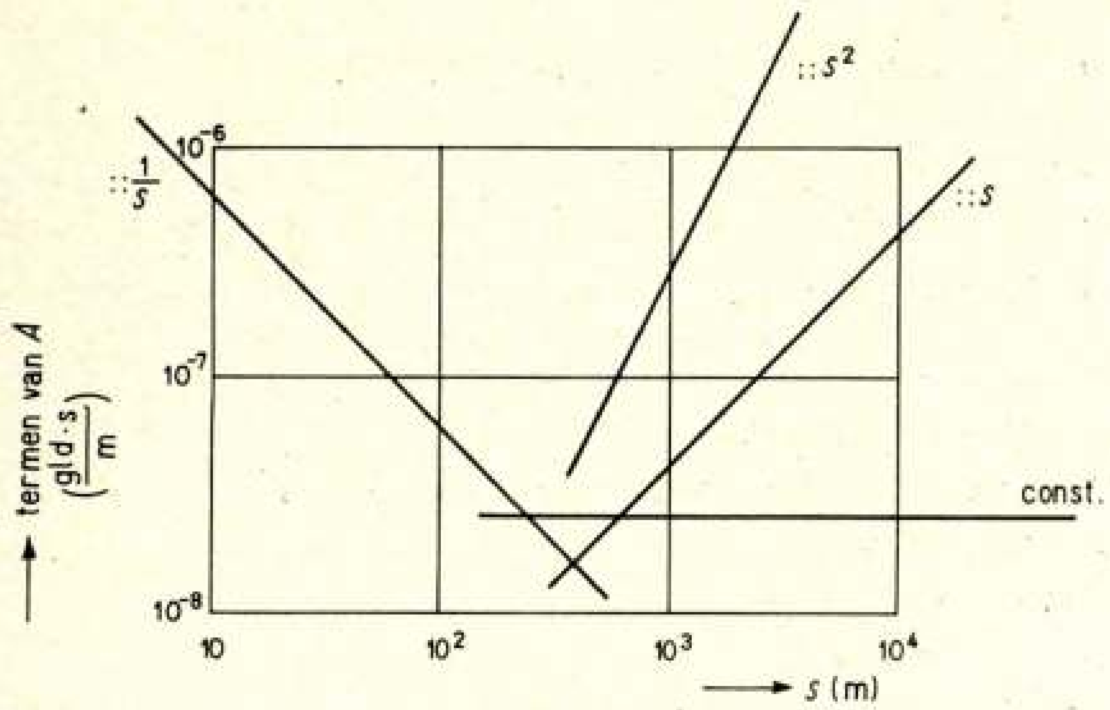


Fig. 6. Grafische voorstelling van de vier samenstellende termen van A als functie van de onderlinge repeater-afstand s.

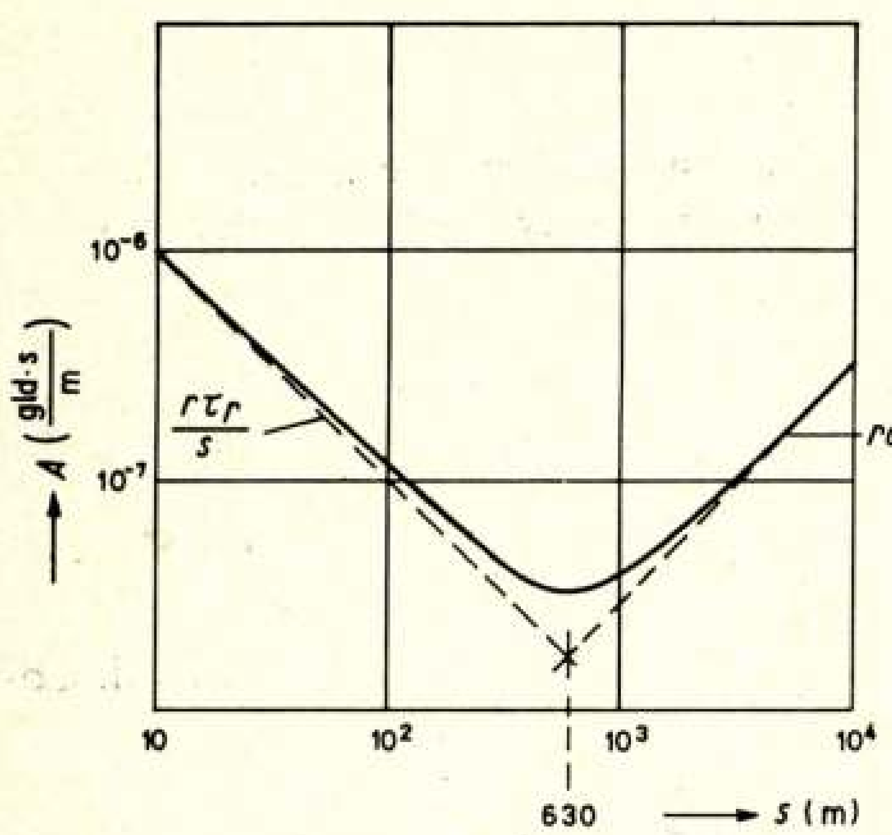


Fig. 7. De twee termen die de kosten per kanaalcapaciteit en per eenheid van lengte bepalen (streeplijnen) en de resulterende waarde A (getrokken lijn) bij afgeschreven kabel 2,6/9,5. De optimale repeater-afstand blijkt 630 m te zijn.

4.1. *Afgeschreven kabelnet* ($k = l = 0$)

De uitdrukking (19) gaat over in:

$$A = rcs + \frac{r\tau_r}{s} \tag{20}$$

De waarde s_{opt} van s waarvoor A minimaal wordt is gegeven door:

$$s_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{\tau_r}{c}} \tag{21}$$

De bijbehorende minimale waarde van A:

$$A_{\min} = 2r\sqrt{\tau_r c} \tag{22}$$

In de grafische voorstelling blijven slechts twee samenstellende rechte lijnen over: s_{opt} wordt gevonden bij het snijpunt van deze lijnen.

Voorbeeld 1

Stel: $r = f\,1000,\!-$
$\tau_r = 10^{-8}$ s
Voor kabel 2,6/9,5 wordt gevonden $c \simeq 2{,}5 \cdot 10^{-14}$ s/m².
De optimale repeater-afstand wordt dan $s_{\text{opt}} = 630$ m (zie fig. 7).

Voorbeeld 2

Voor kabel 12 × 4 × 1,3 wordt gevonden $c \simeq 10^{-13}$ s/m². De optimale repeater-afstand $s_{\text{opt}} = 316$ m (zie fig. 8).

Fig. 7 en 8 spreken verder voor zichzelf en geven duidelijk aan welke invloed een verandering van r, τ_r of c op de ligging en de waarde van het minimum heeft.

4.2. *Nieuw te leggen kabels*

Nu kunnen alle vier termen een rol spelen. De invloed van de verschillende termen blijkt het best uit de volgende voorbeelden:

Voorbeeld 3

Kabel 2,6/9,5 met r, τ_r en c als gegeven in voorbeeld 1 en met $k = f\,10,\!-$ en $l = f\,20,\!-$; $m = n = 1$ (zie fig. 9). De waarde s_{opt} wordt in dit geval hoofdzakelijk bepaald door de hyperbolische en de parabolische term, terwijl de waarde van $A_{\min}$ hoofdzakelijk door de constante term wordt bepaald.

Voorbeeld 4

Kabel 12 × 4 × 1,3 met r, τ_r en c als gegeven in voorbeeld 2 en met $k = f\,10,\!-$ en $l = f\,20,\!-$, terwijl $m = 24$, $n = 1$ (zie fig. 10).

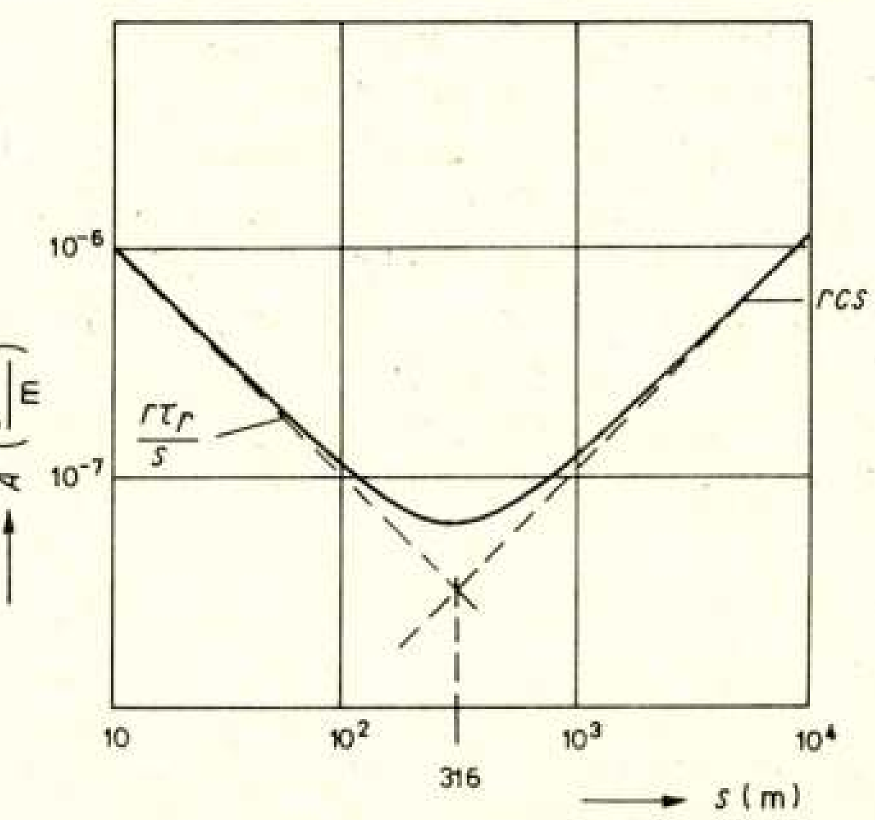


Fig. 8. De kosten per meter en per kanaalcapaciteit als functie van de repeater-afstand voor een afgeschreven kabel 12 × 4 × 1,3.

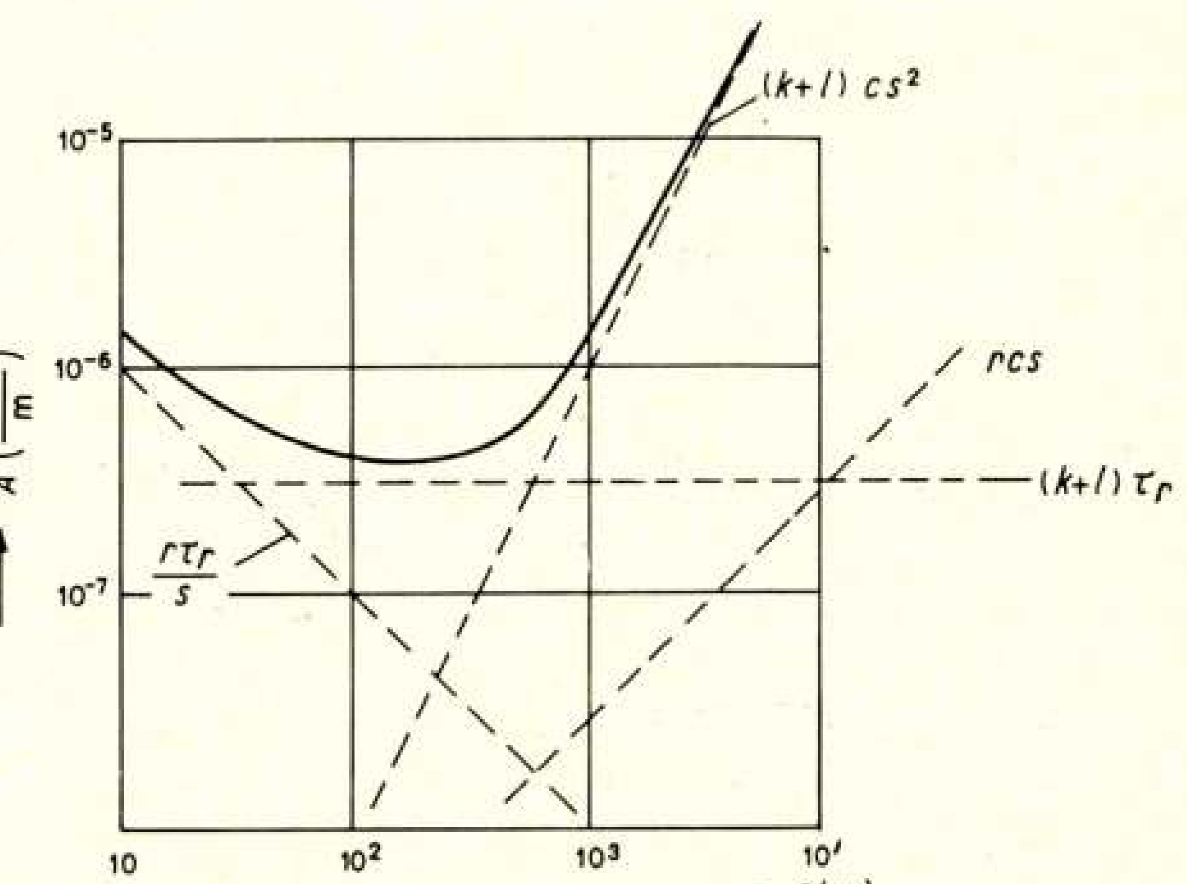


Fig. 9. De kosten per meter en per kanaalcapaciteit als functie van de repeater-afstand voor nieuw te leggen kabel 2,6/9,5.

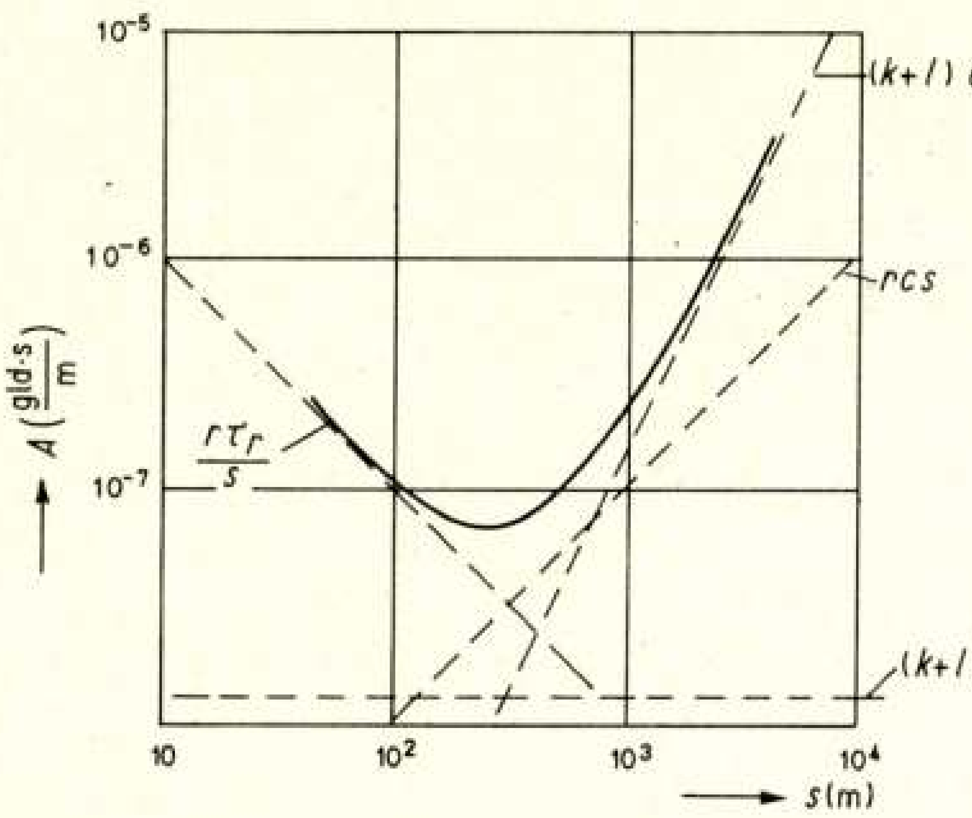


Fig. 10. De kosten per meter en per kanaalcapaciteit als functie van de repeater-afstand voor een nieuw te leggen kabel 12 × 4 × 1,3.

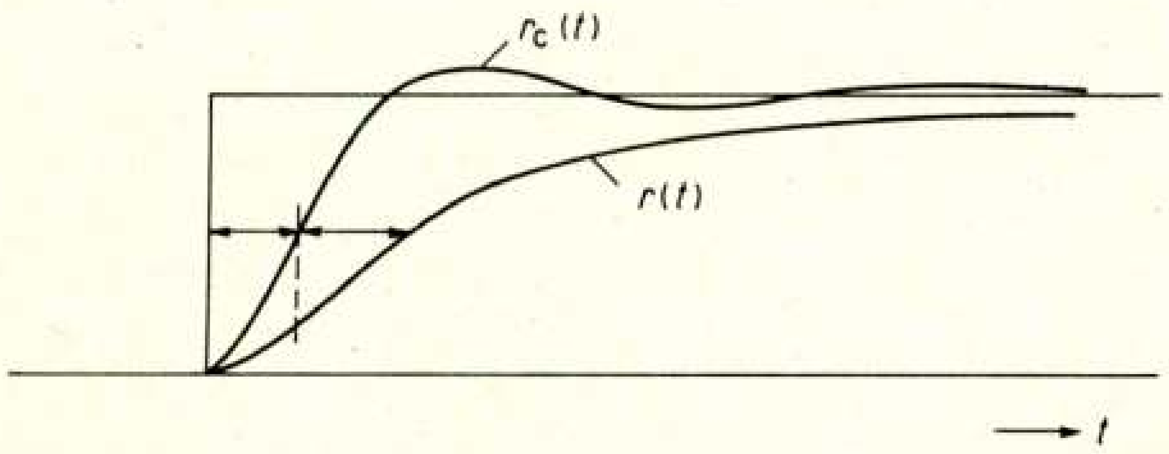


Fig. 11. De stapresponsie van een gecorrigeerde kabel $r_c(t)$ vergeleken met de stapresponsie van een ongecorrigeerde kabel en de invloed van de correctie op de vertragingstijd.

5. Vergroten van de kanaalcapaciteit door correctie

In fig. 11 is tezamen met de stapresponsie van een ongecorrigeerde kabel een mogelijke stapresponsie van een gecorrigeerde kabel getekend.

Aangenomen wordt dat de eindwaarde van beide responsies dezelfde is. Dit betekent, dat de amplitude-karakteristiek voor zeer lage frequenties in beide gevallen dezelfde moet zijn. De correctieversterker zal de zeer hoge frequenties moeten versterken. De vertragingstijd zal daardoor afnemen, maar de storingen nemen evenredig toe met de versterking. De conclusie luidt, dat de transmissiesnelheid zonder veel extra kosten kan worden vergroot door correctie van de kabel, maar dat een grens wordt gesteld door de toegelaten foutenkans. De correctie heeft weinig invloed op s_{opt}, maar natuurlijk wel op de waarde van A_{min}.

6. Toekomstverwachting voor optimale repeater-afstand

Om de invloed van de tijd op s_{opt} te kunnen nagaan worden de vier termen achtereenvolgens bezien.

– De parabolische term $\left(\frac{k}{m} + \frac{l}{m \cdot n}\right) cs^2$:

c is door de natuur van de kabel gegeven en blijft bij gelijkblijvende koperomtrek constant;

k heeft enerzijds de tendens groter te worden door de relatieve stijging van de koperprijs; anderzijds kan door speciale kabel voor digitale transmissie de kostprijs worden verlaagd;

l wordt groter naarmate de verstedelijking toeneemt. Daar l nu al groter is dan k, zal de waarde van de parabolische term toenemen met de tijd.

– De lineaire term rcs zal weinig variëren, daar kan worden aangenomen dat de prijs van een repeater ongeveer gelijk zal blijven.

– De term $\left(\frac{k}{m} + \frac{l}{m \cdot n}\right) \tau_r$ heeft geen invloed op s_{opt}.

– De hyperbolische term $\frac{r\tau_r}{s}$ zal kleiner worden, daar τ_r kleiner zal worden door de voortgaande technische ontwikkeling.

Het resultaat is dan, dat s_{opt} steeds kleiner zal worden met bijbehorende grotere transmissiesnelheid.

7. Conclusies

1. Bij een digitale verbinding is een optimale repeater-afstand aan te geven, waarbij de aanlegkosten per kanaalcapaciteit minimaal worden.
2. De optimale repeater-afstand zal door de toenemende verstedelijking en voortgaande technische ontwikkeling steeds kleiner worden. Op dit moment ligt s_{opt} ongeveer tussen de 200 à 600 m.
3. Daar bij afnemende s_{opt} een toenemende transmissiesnelheid behoort, dienen de kabels, wat constructie en montage betreft, aan deze ontwikkeling te worden aangepast.

Literatuur

[1] SCHELKUNOFF, S. A.: The electromagnetic theory of coaxial transmission lines and cylindrical shields. Bell Syst. Techn. J., 13 July 1934.

[2] PLAATS, J. VAN DER, CLAESSENS, J. M. H. M.: Kollegediktaat Telecommunicatie VI, lijntransmissie, T.H.E.

[3] BLANCHEVILLE, P.: Conditions de réalisation des liaisons video de courte et moyenne longueur à l'aide de câbles coaxiaux. RTF. Direction des services techniques – Service des études, Mars 1963.

[4] CAZENAVE, R.: Déformation d'un signal transmis par une ligne coaxiale parfaitement homogène. Câble et Transmission, 5e A., No. 4, 1951.

[5] BEHREND, P.: Theorie der Impulstechnik auf Koaxial-Kabeln. Zeitschrift für angewandte Physik. V. Band – Heft 2 – 1953.

[6] WIGINGTON, R. L., NAHMAN, N. S.: Transient analysis of coaxial cables considering skin effect. Proc. of the IRE, Febr. 1957.

[7] POINCELOT, P.: Théorie de la ligne coaxiale. Câble et Transmission, 17e A., No. 4, 1963.

[8] VERLIJSDONK, A. P.: Berekening responsie van kabel op een stapfunktie met eindige stijgtijd (computerprogramma T.H.E.).

061.3:621.396:523.164

De 16e Algemene Vergadering van URSI te Ottawa [1])

door ir. J. W. M. Baars, Radiosterrenwacht Dwingeloo

De 'Union Radio-Scientifique Internationale' (URSI) hield van 18 ... 28 augustus 1969 zijn driejaarlijkse algemene vergadering te Ottawa, Canada. De unie bevat een achttal werkgroepen ('commissions'), waarin verschillende aspecten van radiowetenschap worden bestudeerd. Een recent overzicht van de organisatie van URSI verscheen in *De Ingenieur* 1969, nr. 20, blz. ET 80, van de hand van F. L. Stumpers, voorzitter van het nationale comité van URSI. In het 'Elektronica en Telecommunicatie'-deel van *De Ingenieur* 1969, nrs. 24, 28, 32 en 36 verschenen artikelen over URSI-onderwerpen, gebaseerd op voordrachten gehouden op een aan URSI gewijde vergadering van het Nederlands Elektronica- en Radio Genootschap (NERG).

Mijn belangstelling richt zich in hoofdzaak op het werk van groep V, Radio-astronomie, en in beperktere mate op groep II, Radio en de troposfeer, en groep VI, Antennes. Dit rapport vermeldt een aantal van de onderwerpen die in de werkgroep 'Radio-astronomie' ter sprake kwamen. Uit het zakelijk gedeelte van de vergaderingen is vermeldenswaard, dat prof. C. A. Muller, Radiosterrenwacht Dwingeloo, gedurende de komende drie jaar het voorzitterschap van groep V zal bekleden.

Het wetenschappelijk deel van het congres bevatte in groep V ook nu een goede kruising van instrumentele en sterrekundige bijdragen. De eerste zitting was gewijd aan 'Very long baseline interferometry', waarmee in de praktijk wordt bedoeld dat de twee elementen van een interferometer zover van elkaar verwijderd zijn, dat het creëren van een fysische directe verbinding tussen de elementen (kabel- of straalverbinding) niet meer mogelijk is. Voor het verkrijgen van een interferentiepatroon moeten de signalen van de twee interferometerelementen bij elkaar worden gevoegd, liefst met bekende, maar in ieder geval met stabiele fasebetrekkingen. In de laatste paar jaren is een nieuwe methode toegepast om dit te bereiken. Ieder element van de interferometer is uitgerust met een atomaire standaardoscillator (in de praktijk een rubidium-klok of een waterstofmaser) welke voorziet in kloksignalen en het lokale oscillatorsignaal voor de ontvanger. Door de zeer goede stabiliteit ($1:10^{13}$ à 10^{14}) van deze oscillatoren is het mogelijk een waarneming te doen die in een bekende en stabiele tijdrelatie staat tot een waarneming van hetzelfde object aan de hemel, die enige duizenden kilometers verwijderd simultaan wordt verricht. De ontvangen signalen op elk der stations worden met tijdinformatie op magneetband gezet. Later worden de magneetbandsignalen met behulp van een computer bij elkaar gevoegd. Dan pas ontstaat het interferentiepatroon.

Een groep in Canada heeft een systeem gebouwd rond 'TV video-tape recorders' met directe *analoge* 'recording'. Klokimpulsen worden omgezet in synchronisatie-impulsen, die op de normale manier als bij TV-synchronisatie worden verwerkt. Bij het waarnemen worden looptijdverschillen tussen de radiobron en de twee ontvangers genivelleerd door variatie van de bandsnelheid op één der interferometerstations. Bij het simultaan terugspelen hebben beide banden precies gelijke snelheden en de signalen worden gecorreleerd in een analoge vermenigvuldiger. De Amerikanen ontwikkelden een *digitaal* systeem, waarbij het signaal in het middenfrequent deel van de ontvanger zeer sterk wordt begrensd, waardoor slechts informatie aangaande het teken overblijft (één-bit digitalisering) en daarna wordt bemonsterd. Dit digitale signaal komt samen met tijdinformatie op de band. De correlatie geschiedt nu geheel in een digitale rekenmachine.

Met deze methoden zijn interferometerwaarnemingen gedaan met afstanden tussen de elementen van duizenden kilometers (Zweden-Californië, Engeland-Canada, Australië-Californië, West-Virginia-Rusland (Krim)). Het is nu mogelijk structuur in radiobronnen te zien met hoekafmetingen in de orde van 0,001″. Dat is beter dan in de optische astronomie is bereikt. De astronomische resultaten zijn van grote betekenis. Quasistellaire radiobronnen (Quasars) met zeer kleine hoekafmeting worden met deze methode bestudeerd. Een zeer recente ontdekking is de aanwezigheid van een tot nu toe onbekende component met afmeting 0,002″ in de overigens uitgebreid bestudeerde bron Virgo-A. De nu gevonden kern heeft een lineaire afmeting van slechts enkele lichtmaanden en is de kleinste radiobron buiten ons melkwegstelsel.

Behalve de astrofysische resultaten biedt de 'intercontinentale interferometer' mogelijkheden voor geodetische plaatsbepaling, geofysica (continentale drift, beweging van aardas en aardmantel), enz. Hoewel de techniek nauwelijks twee jaar oud is, zijn reeds belangrijke successen geboekt. Men mag verwachten dat in de nabije toekomst vele sterrewachten zullen overgaan tot aanschaf van de speciale apparatuur. Hierdoor zal een wereldomvattend netwerk van interferometer-elementen ontstaan, waarmee op gezette tijden simultaan waarnemingen worden gedaan. Dit onderwerp werd behandeld in overzichtsvoordrachten door J. L. Yen (University of Toronto), B. G. Clark (National Radio Astronomy Observatory, Green Bank, West-Virginia) en B. F. Burke (Massachusetts Institute of Technology).

Ongeveer twee jaar geleden werd in Australië een reusachtige ringvormige radiotelescoop in gebruik genomen voor waarneming van de zon. Het instrument levert iedere seconde een 'plaatje' van de zon met ongeveer 2500 onafhankelijke beeldpunten. Wij zagen thans een film van een aantal uitbarstingen op de zon, waargenomen met dit instrument. Een mooi voorbeeld van het verwerken van enorme hoeveelheden informatie.

Het onderzoek van het heelal met behulp van spectraallijnen staat thans weer in een verhoogde belangstelling. Jarenlang was de 21-cm lijn van neutrale waterstof (in 1944 door Van de Hulst in Leiden voorspeld en in 1951 o.a. door Muller in Kootwijk gedetecteerd) de enige bekende lijn in het radiospectrum van de kosmos. In 1963 voegde zich daarbij de ontdekking van een OH-lijn, het hydroxyl-molecule.

In 1965 werden recombinatielijnen van aangeslagen waterstofatomen gevonden, maar in het laatste jaar alleen al werd achtereenvolgens ammonia, waterdamp en formaldehyde in de interstellaire ruimte van onze melkweg gevonden. Dit werk

[1]) Rapport opgesteld op verzoek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Ontvangen 24 september 1969.

staat nog aan het begin van enige systematische research. Barret (MIT) gaf niettemin een duidelijk overzicht.

Een interessante dag beleefden we met de zitting, die gewijd was aan huidige activiteiten van radio-sterrenwachten. Tweeëntwintig instituten brachten een kort verslag uit. De meest opzienbarende berichten worden in het volgende vermeld.

Het belangrijkste instrument van de Algonquin Radio Observatory is een 46 m diameter paraboolspiegel van hoge nauwkeurigheid. De sterrenwacht wordt beheerd door de National Research Council of Canada. De congresdeelnemers-radioastronomen brachten een hele dag door op deze sterrenwacht, die zich op ca. 250 km van Ottawa bevindt in de afgrijselijk eenzame, maar wonderschone natuur van het Algonquin National Park. Radiotelescopen worden bij voorkeur in eenzame oorden geplaatst ter vermindering van storing door industrie, zenders en verkeer. Deze telescoop wordt gebruikt in de inter- of transcontinentale interferometers. De kwaliteit van de cm-golflengte-ontvangers kan en moet nog aanzienlijk worden verbeterd.

Erickson (Univ. of Maryland) heeft in de zoutwoestijn van Californië een kruisantenne gebouwd voor zeer lage frequenties (15 ... 100 MHz). De antenne-elementen zijn log-periodieke spiraal-helices. Een opmerkelijke eigenschap is dat de antennebundel elektronisch kan worden gewend over een kegel met een halve tophoek van 50° in een tijd van 1 ms.

Raimond, beheerder van de zo goed als voltooide Synthese Radio Telescoop te Westerbork, bracht verslag uit van de bouw van dit instrument. De schrijver van dit verslag besprak het resultaat van een zeer uitgebreid programma, dat door hem en A. P. Hartsuyker (Sterrewacht te Leiden) met de Dwingelootelescoop werd uitgevoerd en waarbij het gehele stralingsdiagram van de telescoop met grote gevoeligheid en goede nauwkeurigheid werd gemeten.

De Mullard Radio Astronomy Observatory van de universiteit van Cambridge (Eng.) toonde o.a. een aantal nieuwe resultaten van hun reeds ettelijke jaren in gebruik zijnde synthese-telescoop. Een nieuwe telescoop bestaande uit 8 elementen en een totale lengte van 5 km is onlangs in aanbouw genomen. De golflengte zal 6 cm zijn, bij een scheidend vermogen van ongeveer 2″.

Een radio-astronomie-satelliet, werkend op frequenties van 200 kHz ... 9,2 MHz heeft sinds een jaar fraaie resultaten geleverd. Waarnemingen op deze frequenties kunnen door de afschermende werking van de ionosfeer niet van de aardbodem af worden gedaan. Dit is een project van de NASA.

De National Radio Astronomy Observatory (NRAO) in Green Bank, West-Virginia, stelt ongeveer 60% van de waarneemtijd ter beschikking aan bezoekers, meest van Amerikaanse universiteiten. NRAO heeft een uitgebreid en zeer flexibel instrumentarium van hoge kwaliteit. De meest opvallende recente ontwikkelingen op instrumenteel gebied zijn de zeer lage-ruis-ontvangers, uitgerust met parametrische versterkers. Vele daarvan worden gekoeld met gasvormig helium tot ongeveer 20 K. Ook worden ontvangers voor golflengten van 3 en 9 mm ontwikkeld voor een speciale millimetertelescoop (11 m diameter), die wegens de geringe hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer boven op een berg in Arizona is geplaatst. De vooruitstrevende en vooral snelle wijze van ontvanger-ontwikkeling heeft een aantal belangrijke ontdekkingen met NRAO-telescopen mogelijk gemaakt.

De grootste telescoop ter wereld is de 300 m diameter sferische reflector van het 'Arecibo Ionospheric Observatory' (AIO) in Puerto Rico. De spiegel bevindt zich in een komvormige vallei en kijkt recht omhoog. Een hemelbereik van 15° rond de verticale as kan worden bestreken door beweging van de primaire straler ('feed') in het brandvlak. De spiegel is sferisch i.p.v. parabolisch omdat buiten de spiegelas de coma-aberratie veel kleiner is en de 'feed' dus ver van de as af kan worden geplaatst. De nu optredende sferische aberratie kan worden weggewerkt door toepassing van speciale in fase aangepaste lijn-'feeds'. Het ontwerp van een goede 'feed' heeft lang op zich laten wachten, maar het probleem is thans tot volle tevredenheid opgelost door toepassing van een zeer platte, van sleuven voorziene golfpijp ('slotted waveguide'). Bovendien is experimenteel aangetoond dat de telescoopconstructie voldoende stabiel is om waarnemingen op 11 cm golflengte te doen, zodra een nieuw gaasoppervlak is aangebracht. Tot nu toe is de kortste golflengte 50 cm. Door zijn enorme afmetingen is de telescoop de gevoeligste ter wereld. Zelfs met 'feeds' van middelmatige kwaliteit is zeer belangrijk werk met de telescoop verricht, vooral in de waarneming van *pulsars* sinds hun ontdekking in begin 1968.

Er zijn in de laatste drie jaar geen nieuwe grote telescopen in aanbouw genomen in de U.S.A. Dit is een gevolg van de hevige besnoeiingen, die in sterke mate de zuivere wetenschappen hebben getroffen. Op de universiteiten van Stanford en Illinois zijn telescopen van bescheiden afmetingen in aanbouw, die geheel door staf en studenten worden gebouwd.

In plezierige tegenstelling daarmee is de huidige situatie in Europa. We noemden reeds de bijna voltooide telescoop te Westerbork en het zojuist begonnen instrument in Cambridge. Tenslotte verdient vermelding de half voltooide 100-m parabool in Bonn, een instrument van grote precisie. Europa kan, voorlopig althans, wel even vooruit op voorwaarde, dat met grote voortvarendheid wordt gewerkt aan de uitbouw en verbetering van de ontvangapparatuur.

Het congres stond op een goed peil. Het aantal deelnemers was zodanig, dat gemakkelijk goede persoonlijke contacten konden worden gelegd en discussies worden gevoerd.

Korte technische berichten

Nieuwe fabricagetechniek voor geïntegreerde circuits

Westinghouse maakt melding van een nieuwe techniek voor de fabricage van geïntegreerde circuits. In plaats van het fotografische procédé, waarbij met behulp van op het halfgeleidermateriaal geplaatste maskers en een lichtbron het te etsen patroon in een lichtgevoelige laag wordt vastgelegd, wordt bij deze nieuwe fabricagemethode gebruik gemaakt van een elektronenbundel.

In een zogenaamde 'imaging tube' worden met behulp van elektromagneten de uit de kathode tredende elektronen in exact evenwijdige banen gebracht. Op de plaats van de kathode worden achtereenvolgens een aantal maskers van lichtgevoelig materiaal aangebracht. Deze maskers zijn de bron van de elektronen, die uiteindelijk het gewenste patroon op het halfgeleidermateriaal zullen overbrengen.

De elektronen worden vrijgemaakt door een masker te be-

lichten met ultraviolet licht. De uittredende elektronen verplaatsen zich langs evenwijdige banen naar de anode. Op de plaats van de anode wordt het te bewerken halfgeleidermateriaal aangebracht, dat voorzien is van een elektron-gevoelige laag. De na de 'belichting' gevolgde diffusie- en etstechnieken zijn identiek aan die, welke bij de tot nu toe gebruikelijke fabricagetechnieken worden toegepast.

Als voordelen van de nieuwe methode ten opzichte van de huidige technieken worden genoemd:
- relatief grotere oppervlakken kunnen in één keer worden belicht;
- grotere scherptediepte van de elektronenbundel. Het te bewerken halfgeleidermateriaal behoeft derhalve niet extreem vlak te worden geslepen;
- kleinere afmetingen van de samenstellende actieve elementen ($4 \cdot 10^6$ per vierkante inch).

De maskers worden gemaakt met behulp van een door een computer gestuurde elektronenbundel.

Westinghouse Press Release N/R 229/69.

Nieuwe methode voor het meten van veldsterkte

R. A. Lawton van het 'NBS Institute for Basic Standards (U.S. Department of Commerce)' heeft een nieuwe methode ontwikkeld voor het met grote nauwkeurigheid bepalen van veldsterkten in het radio-frequentiegebied.

Het principe van deze methode berust op het meten van de geïnduceerde stroom, die loopt langs de equator van een geleidende bol die in een elektromagnetisch veld is geplaatst. De twee helften van een holle bronzen bol (ϕ 5 cm) worden bevestigd op een kleinere bol en door een diëlektrische laag van 0,025 mm van elkaar geïsoleerd. Beide helften zijn binnen in de kleine eveneens holle bol via een *LC*-circuit met elkaar verbonden. De resonantiefrequentie van dit circuit stemt overeen met de frequentie van het te meten elektromagnetische veld. De in dit circuit geïnduceerde spanning wordt door een in de kleine bol opgenomen schakeling versterkt en doet, bij overschrijden van een instelbare drempelwaarde een lampje in de kleine bol opgloeien. Het aangaan van het lampje kan worden waargenomen door in de bollen aangebrachte gaten.

Experimenten hebben aangetoond dat bij 30 MHz een onnauwkeurigheid van slechts 1% in de veldsterktemeting optreedt (huidige standaard-meetmethoden bezitten bij deze frequentie een onnauwkeurigheid van 10% of meer).

Technical News, U.S. Department of Commerce – National Bureau of Standards, september 1969.

Robot-zeilboot

De 'Astro-Electronics Division' van RCA deelt mede dat kortgeleden de eerste succesvolle experimenten zijn uitgevoerd met een robot-zeilboot genaamd 'SKAMP' (Station Keeping and Mobile Platform). Het boeivormige vaartuigje (diameter 2,7 m, hoogte 5 m, zeiloppervlak 4,68 m^2) is uitgerust met een combinatie van beweegbare 'zeilen' en roeren, die door middel van een computer en servosystemen worden bestuurd (zie fig. 1).

De 'zeilen' bestaan uit stijve, met elastomeerschuim gevulde, gebogen constructies van plastic en kunnen om een in het centrum van het bootje geplaatste as draaien. De romp bestaat uit een boven- en onderplaat waartussen eveneens elastomeer-

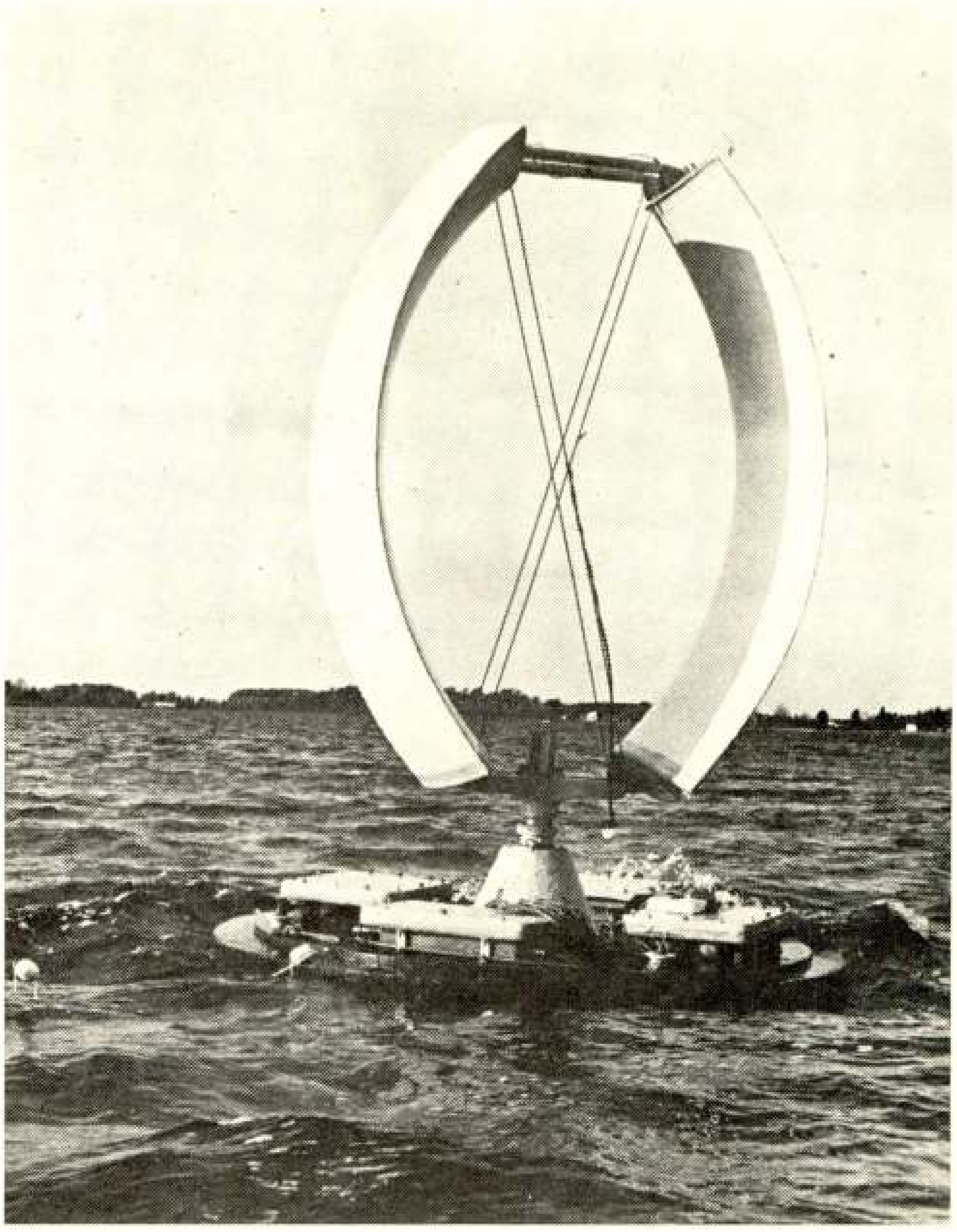


Fig. 1. Robot-zeilboot 'SKAMP'.

schuim is aangebracht. Het bootje is zodanig ontworpen dat het zeer zware stormen kan doorstaan.

De navigatiegegevens ontvangt de SKAMP van bijv. de 'U.S. Navy Navigation Satellites'. Uitsluitend door de wind voortbewogen kan het bootje geheel zelfstandig naar een bepaalde opgegeven positie varen. Is de positie bereikt, dan blijft de SKAMP heen en weer varen binnen een afstand van 0,2 n mile van de gewenste positie, zo nodig een jaar lang. Door middel van een radiosignaal kan aan de boot de opdracht worden gegeven om weer naar haar basis terug te keren.

De toepassingen voor deze robot-zeilboot zijn legio. Een grote variëteit van sensoren kan worden ingebouwd. Voor civiele toepassingen kan de boot bijv. worden gebruikt voor het meten van oceaanstromingen of voor het doorgeven van meteorologische waarnemingen. Ook kan men er gebruik van maken voor navigatiedoeleinden. Het inbouwen van sonar of andere sensoren maken het systeem ook uit militair oogpunt aantrekkelijk. Te meer daar het scheepje geheel van kunststoffen kan worden gebouwd waardoor het vrijwel onmogelijk wordt het met behulp van radar op te sporen. De zeer kleine afmetingen bemoeilijken tevens de visuele waarneming.

RCA News DS 307, oktober 1969.

Regen en radio

In Suffolk, Engeland is men op het ogenblik doende een netwerk van radioverbindingen op te zetten om het effect van regen op de transmissie met behulp van zeer korte golven na te gaan. De experimenten worden uitgevoerd door het 'Radio and Space Research Station' en de Britse PTT. Men verwacht

in de nabije toekomst, gezien de toenemende vraag naar transmissiekanalen ten behoeve van telefoon, televisie enz., meer en meer gebruik te zullen moeten maken van zeer korte-golfverbindingen. Bij frequenties boven 10 GHz veroorzaakt regen echter een aanzienlijke verzwakking van het ontvangen signaal. Deze verzwakking kan zo groot worden dat men genoodzaakt zal zijn de transmissieweg om een gebied met zware regenval heen te kiezen. Het doel van het onderzoek vormt het vaststellen van de criteria voor dit omschakelen. M.a.w. het vaststellen van de relatie tussen de afmetingen van de regendruppels, het aantal druppels per tijdseenheid en de optredende verzwakking van het radiosignaal.

Op het proefnet wordt gezonden met frequenties tot 37 GHz. De verzwakking ten gevolge van regen wordt over verschillende trajecten gemeten en automatisch doorgezonden naar een centraal verwerkingsstation. Op sommige trajecten zijn speciale meters opgesteld, die het aantal gevallen regendruppels per tijdseenheid tellen. Ook deze meetwaarden worden automatisch naar het verwerkingsstation doorgezonden. Op één van de trajecten maakt men gebruik van kunstmatige regenval.

London Press Service, 4 november 1969.

Parametrische versterkers in nieuwe Goonhilly-installatie

Parametrische versterkers brengen de zeer zwakke televisie- en telefoonsignalen, die uit Japan en Australië via een satelliet worden ontvangen, in het 'Satellite Communications Earth Station' van de Britse PTT te Goonhilly Down, Cornwall op de gewenste sterkte. De versterkers worden gebruikt in de technisch verbeterde 'Goonhilly 1'-apparatuur, die naast de bestaande installatie (Goonhilly 2) is gebouwd. Deze laatste dient voor ontvangst en heruitzending van signalen via een satelliet naar Noord- en Zuid-Amerika. Zij werden geleverd door Mullard.

Een van de belangrijkste verbeteringen die deze modernisering met zich meebrengt, is het beschikbaar krijgen van een veel grotere bandbreedte, waardoor men nu simultaan televisieprogramma's en vele honderden telefoongesprekken kan ontvangen en heruitzenden. Goonhilly 1 is onlangs officieel in gebruik gesteld. De installatie was echter al eerder gebruikt om de televisiebeelden van Apollo 11 te ontvangen, die werden doorgegeven via satellieten boven de Indische en Stille Oceaan, en ook voor telefoongesprekken.

In een parametrische versterker wordt elektrische energie van een frequentie, die hoger is dan die van het te versterken signaal, van de zogenaamde 'pompkring' uit toegevoerd aan een variabele condensator, die deel uitmaakt van een op de signaalfrequentie afgestemde resonantiekring. Op deze wijze wordt elektrisch vermogen van de hoogfrequente pompkring omgezet in signaalvermogen, waardoor het ontvangen zwakke signaal wordt versterkt. Om ongewenste terugkoppeling van uitgang naar ingang van de versterker te vermijden is hiertussen een zogenaamde circulator geplaatst, die de hoogfrequentsignalen slechts in één richting doorlaat.

De geïnstalleerde parametrische versterker werkt in de frequentieband van 3,7 tot 4,2 GHz. Experimenten hebben aangetoond dat met deze apparatuur een versterking van 30 dB bij een bandbreedte van 500 MHz en een ruistemperatuur van 20 °K wordt bereikt. Het ingangssignaal van de versterker zal naar men verwacht kleiner of gelijk zijn aan 10^{-12} W.

Philips Research Press Release, 3 september 1969.

Boekennieuws

Electrical transport phenomena in MnTe, an antiferromagnetic semiconductor
Proefschrift drs. J. D. Wasscher

In zijn – op 3 september 1969 aan de Technische Hogeschool te Eindhoven verdedigd – proefschrift behandelt drs. Wasscher metingen van de elektrische weerstand, het Hall-effect en de thermokracht van de halfgeleider mangaantelluride (MnTe). Deze elektrische eigenschappen vertonen een sterke knik in hun temperatuurafhankelijkheid bij 34 °C. Dit is ook de temperatuur waarbij de magnetische eigenschappen van MnTe veranderen: bij lage temperatuur richten de gemiddelde magnetische momenten van de mangaan-atomen zich om en om (anti-ferromagnetische ordening), maar door de temperatuurbeweging verdwijnt deze ordening bij 34 °C.

Er is getracht de genoemde invloed van de magnetische ordening op de elektrische eigenschappen theoretisch te verklaren. Het gevonden verloop van de weerstand en de bestaande theorie betreffende de strooiing van ladingdragers door magnetische wanorde zijn niet geheel met elkaar in overeenstemming. Enige mogelijke uitbreidingen van deze theorie worden aangeduid.

Het Hall-effect blijkt een verrassend grote anomale bijdrage te bevatten. Voorheen was het optreden van een dergelijke bijdrage in anti-ferromagnetische materialen onbekend. Het gedrag van de thermokracht wordt toegeschreven aan een 'magnon-meesleepeffect', een verschijnsel dat in MnTe voor het eerst is waargenomen.

Behalve de gebruikte meetapparatuur wordt ook een eenvoudige methode beschreven om weerstandsanisotropieën te meten.

Varia

Cybernetics Congress, 5...9 april 1970, Berlijn

Dit congres wordt georganiseerd door het 'Deutsche Gesellschaft für Kybernetik' in samenwerking met de 'Elektrotechnischer Verein Berlin im VDE'. De conferentie beoogt een overzicht te geven van nieuwe resultaten van het cybernetica-onderzoek in Duitsland en in Europa. De volgende onderwerpen zullen worden belicht:
- Algemene theorie en de geschiedenis van cybernetica
- Patroonherkenning door biologische en technische systemen (visuele en akoestische patronen)
- Generatie van patronen door biologische en technische systemen

Voorzitter van het 'Paper Committee' is Prof. Dr. O. J. Grüsser, verbonden aan het 'Physiologisches Institut der Freien Universität Berlin'. Reeds vele vooraanstaande wetenschapsmensen hebben toegezegd een voordracht op deze conferentie te zullen houden. Het definitieve programma en de inschrijfformulieren zullen tegen het einde van 1969 beschikbaar zijn en kunnen worden aangevraagd bij: 'Elektrotechnischer Verein Berlin im VDE', Bismarckstraße 33, D-1 Berlin 12.

Conferentie 'Man-Computer Interaction', 2 ... 4 sept. 1970, Teddington, Engeland

Deze conferentie wordt georganiseerd door de 'Institution of Electrical Engineers' in samenwerking met het 'National Physical Laboratory' te Teddington, Engeland.

Het hoofdonderwerp van deze conferentie wordt gevormd door het thema 'man-computer interaction', gezien vanuit het gezichtspunt van de mens en zijn communicatieproblemen. Men streeft er echter naar ook bijdragen over technische problemen, experimentele apparatuur en theoretische problemen in het programma op te nemen. Er zullen discussies worden georganiseerd over o.a. de menselijke aspecten bij het ontwerpen van 'terminals', nieuwe technieken en apparaten en hun effect op 'man-computer'-systemen, psychologische studies over de communicatie tussen mens en computer en evaluatie van in gebruik zijnde systemen.

Voor nadere inlichtingen wende men zich tot: Conference Department, IEE, Savoy Place, London WC2.

Colloque International sur la Microélectronique Avancé, 6 ... 10 april 1970, Parijs

Deze conferentie wordt ter gelegenheid van de 'Salon International des Composants Electroniques' (3 ... 8 april 1970 te Parijs) georganiseerd door de 'Union des Associations Techniques Internationales' (U.A.T.I.) en door de 'Société Française des Electroniciens en des Radioélectriciens' (S.F.E.R.).

De bedoeling van de organisatoren is om op deze conferentie het steeds toenemende aantal gebruikers van geïntegreerde circuits en de ontwerpers van deze circuits samen te brengen. De voordrachten zullen worden onderverdeeld in vier groepen, t.w.: circuits, geavanceerde technologieën, geavanceerde micro-elektronica in complexe systemen, en 'computer-assisted design'. Voor nadere inlichtingen wende men zich tot: Secrétariat du Colloque International sur la Microélectronique Avancé, 16 Rue des Presles, 75-Paris 15e.

Salon International des Composants Electroniques, 3 ... 8 april 1970, Parijs

De dertiende tentoonstelling onder deze naam, georganiseerd door de 'Société pour la Diffusion des Sciences en des Arts' (S.D.S.A.) zal ook in 1970 weer worden gehouden in de gebouwen van het 'Parc des Expositions', Porte de Versailles, Parijs.

In verband met het tijdstip van de 'MESUCORA' (27 mei ... 4 juni 1970) zullen er op deze Salon geen meetinstrumenten worden tentoongesteld. Parallel aan de Salon zullen technische bijeenkomsten worden gehouden. Voor nadere inlichtingen wende men zich tot: S.D.S.A. – Service des Relations Extérieures, 16 Rue des Presles, 75-Paris 15e. Tel.: 273-24-70.

Conference on Precision Electromagnetic Measurements, 2 ... 5 juni 1970, Boulder, Colorado (U.S.A.). Call for papers

Deze conferentie wordt georganiseerd door het 'NBS Institute for Basic Standards', de 'IEEE Group on Instrumentation and Measurement' en de 'U.S. Commission 1 of the International Scientific Radio Union (URSI)'.

De volgende onderwerpen staan op het programma:

- Gelijkstroom- en laagfrequentmetingen
- Tijd en frequentie
- Radiofrequentie- en microgolfmetingen (alsmede coherente optische technieken)
- Tijd-domein-metingen (impulsmetingen over het gehele elektromagnetische spectrum)
- Geautomatiseerde metingen
- Cryogene elektromagnetische metingen

Men wordt verzocht een 'summary' (500 ... 1000 woorden + maximaal 5 figuren) en een 'abstract' (maximaal 200 woorden), beide in zesvoud, van een voordracht op te sturen aan: Chairman of the Technical Program Committee, Dr. G. M. R. Winkler, U.S. Naval Observatory, Washington, D.C. 20390. Voor algemene inlichtingen over deze conferentie wende men zich tot: G. Goulette, Bureau of Continuation Education, University of Colorado, Boulder, Colorado 80302, U.S.A.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 39, Leidschendam. Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG, Leidschendam. Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

Ledenmutaties

Voorgestelde leden

Ir. E. P. W. Attema, Willem de Zwijgerlaan 40, Haarlem.
Ir. L. P. Ligthart, Menno ter Braaklaan 217, Delft.
Ir. F. Muller, Beethovenlaan 125, Voorschoten.

Nieuwe adressen van leden

B. H. Claasen, Corn. van Zantenstraat 226, Den Haag.
Ir. G. E. F. van Dijk, Horstlindelaan 29, Enschede.
Ir. A. van Egmond, Van Boetzelaerlaan 3, Wassenaar.
W. van der Horst, Woestijnenweg 13, Wijthmen, post Zwolle.
Ir. G. A. Joosten, Kersbergenlaan 49, Zeist.
G. W. Lubking, De Dillenburghsingel 86, Vlaardingen.
Ir. J. van Nieuwkoop, Robert Kochstraat 110, Apeldoorn.
Ir. E. Roza, Charlotteplaats 22, Zoetermeer.
P. A. A. Sevat Ing., Gerard Brandstraat 111, Leiden.

LEDENLIJST NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

1 juli 1969

(De leden, waarvan de namen voorafgegaan worden door een *, zijn tevens lid van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.)

ERE-LEDEN

*	1920	Prof.Ir. L.H.M. Huydts	Landréstraat 909, Den Haag.
*	1928	Prof.Ir.Dr. J.L. v. Soest	v. Soutelandelaan 35, Den Haag.
*	1927	Prof.Ir. B.D.H. Tellegen	Geulberg 1, Nuenen (N.B.)
*	1927	Ir. J.J. Vormer	Park de Werve 28, Voorburg (Z.H.)
	1927	Ir. Th.J. Weijers	Heezerweg 218, Eindhoven.

DONATEURS

Becker Delft N.V. , Delft.
Kon. Ned. Hoogovens en Staalfabrieken N.V. IJmuiden.
Kon. Ned. Meteorologisch Instituut, de Bilt.
Ned. Kabelfabriek N.V., Delft.
Ned. Omroep Stichting, Afd. Radio, Hilversum.
Ned. Siemens Mij., 's-Gravenhage.
Ned. Standard Electric Mij N.V., 's-Gravenhage.
Ned. Omroep Stichting, Afd. Televisie, Hilversum.
N.V. Electriciteits Maatschappij AEG, Amsterdam.
N.V. I.B.M.-Nederland, Amsterdam.
N.V. KEMA, Arnhem.
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven
N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, v/h N.S.F., Hilversum.
N.V. Van der Heem, 's-Gravenhage.
Physisch Laboratorium RVO-TNO, 's-Gravenhage.
Radio Becker N.V., Zeist.
Radio-Holland N.V., Amsterdam.
Staatsbedrijf der P.T.T., 's-Gravenhage.
Tektronix Holland N.V., Heerenveen.
Wetenschappelijk Radiofonds Veder.

LEDEN

*1957	Ir. J.A. Aarsen	Aaltje Noordewierlaan 12, Bussum.
1968	Ir. J.P.A. Aarts	Raadhuislaan 54, Eemnes.
1957	J. Aerts	Kamperfoeliestraat 13, Bussum.
*1963	Ir. D.A. Alberts	Da Costalaan 4, Rijswijk (Z.H.).
*1929	Prof.Ir. J.W. Alexander	St. Eustatiusstraat 11, Delft.
1961	Ir. H. Allaries	Hildebrandlaan 49, Oosterhout (N.B.).
*1967	Ir. A.E. Ang	Huis te Landelaan 59, Rijswijk (Z.H.).
1948	A. Auping	Dommerholtsweg 11A, Joppe.
*1954	Ir. J. van Baarda	Javalaan 16, Hilversum.
*1965	Dr.Ir. F.Th. Backers	Helmerslaan 81, Eindhoven.
*1946	Prof.Dr.Ir. W.Th. Bähler	Prins Bernhardlaan 32, Doorn.
*1969	Ir. A. Bakker	Jan Steenlaan 18, Oegstgeest.
1958	Ir. C. Bakker	Zwaluwlaan 17, Leidschendam.
*1961	Ir. J.C. Balder	Robijnstraat 41, Apeldoorn.
*1951	Ir. E.J. van Barneveld	Sansovinostraat 19, Eindhoven.
*1946	Dr.Ir. G.H. Bast	v. Alkemadelaan 3, Den Haag.
*1958	Ir. M.L. Bazen	p/a I.B.M., Octrooibureau, Postbus 24, Uithoorn.
*1938	Ir. M. van de Beek	Joh. Geradtsweg 162, Hilversum.
*1965	Ir. D.H. Bekkering	p/a Medisch Fysisch Instituut TNO, Da Costakade 45, Utrecht.
1954	Ir. H.G. Beljers	Lissevoort 25, Nuenen (N.B.).
1956	C.J. Benjamin	Welgelegenlaan 53, Driebergen.
*1961	Ir. Th.Q. Bennebroek	Schoutenstraat 8, Leiderdorp.
1950	Ir. H.C. Bennebroek Evertsz'	Lindenheuvel 10, Hilversum.
*1951	Ir. C.J.H. van den Berg	Piet Heinlaan 9, Oegstgeest.
*1943	Ir. D. van den Berg	Fazantplein 14, Den Haag.
*1964	Ir. P.K.J. van den Berg	Statenlaan 2, Bodegraven.
1956	W.G.J. van den Bergh	van Nijenrodestraat 64, Den Haag.
1969	Ir. L.J.G. Berière	Lobeliapad 3, Eindhoven.
1954	Ir. P.L.M. van Berkel	Den Burghstraat 24, Voorburg (Z.H.).
*1962	Ir. A.J. Berkhout	Burchtplein 12, Wassenaar.
*1960	Ir. H.J. van Bethlehem	Beyerincklaan 12, Hilversum.
1943	Ir. W. Beukema	Petrus Dondersstraat 87, Eindhoven.
1957	M. van Beveren	Fazantlaan 9, Leidschendam.
*1967	Ir. L.W.R. Biekart	Spotvogellaan 36, Den Haag.
1969	Ir. G. v. Binsbergen	Schout van Eijklaan 231, Leidschendam.
1967	J.J. Bliek	Prinses Irenelaan 13, IJsselstein (Ut.).
*1925	Ir. J. Bloemsma	Mient 499, Den Haag.
1952	H. Blok	Vincent Cleerdinlaan 32, Waalre (N.B.).
1938	Ir. L. Blok	Vincent Cleerdinlaan 32, Waalre (N.B.).
*1962	Ir. R. Blommendaal	Beeklaan 208, Noordwijk.
1965	Ir. L. de Boer	P. van Houtstraat 38, Duiven.
*1960	Ir. A. Boesveld	Händellaan 61, Voorschoten.
1955	Ir. J.V. Bolier	Felualaan 12, Apeldoorn.
1950	Ir. A.P. Bolle	Graaf Janstraat 241, Zoetermeer.

1968	F.K. Boomsma	Joh. Geradtsweg 94, Hilversum.
1959	Ir. J.H. van den Boorn	Agrippastraat 13, Eindhoven.
*1966	Ir. G.J.M. Boorsma	Simon Stevinweg 80, Hilversum.
*1926	H.B.R. Boosman	Prinses Beatrixstraat 19, Bunnik (Ut.).
*1946	Prof.Dr.Ir. J.L. Bordewijk	Kasteelhof 5, Leiden.
1955	A.S. van Bosch	Roland Holstlaan 915, Delft.
*1963	Dr.Ir. H. Bosma	Neerlandstraat 15, Geldrop.
*1958	Ir. R.I.G. Bosselaers	Rijsbergenweg 54, Huizen (N.H.).
1941	Ir. P.H. Boukema	Timorstraat 21, Delft.
*1941	Ir. J.A.J. Bouman	"Eeckenrhode" flat A26, Aalst-Waalre.
*1941	Ir. L.R. Bourgonjon	Javalaan 32, Hilversum.
*1947	Prof.Ir. IJ. Boxma	Van Neckstraat 82, Den Haag.
1943	Ir. D.J. Braak	Zeevaertweg 47, Hilversum.
1957	Ir. J.A. Brakel	Van Kinsbergenlaan 50, Hilversum.
*1958	Ir. E.G.J. Brants	Cattepoelseweg 258, Arnhem.
*1941	Prof.Ir. M.P. Breedveld	Langenkampweg 115, Enschede.
1963	Ir. D. Breeuwsma	Irislaan 18, Leende (N.B.).
*1961	Ir. H. Breimer	Beneden Beekloop 58, Geldrop.
1947	S. Breimer	Woensbergweg 3, Huizen (N.H.) (post Blaricum).
1949	J.H.M. den Bremer	Fl. Nightingalelaan 16, Delft.
1947	Prof.Dr. H. Bremmer	Laan van Rijnwijk 1, flat D12, Zeist.
1965	Ir. Th.W. Brink	Zaanstraat 70, Leiden.
*1965	Ir. A. van Brink	Berkenlaan 5, Son (N.B.).
1951	Ir. C.B. Broersma	Ruimzicht 39 (Torenwijck), Amsterdam-Osdorp.
*1946	Ir. D.C. Broks	Oranjenassaustraat 19, Noordwijk a. Z.
*1953	Ir. J.F. Brouwer	Crailoseweg 9, Huizen (N.H.).
1969	Ir. J.A.M. de Brouwer	Lijsterbesstraat 14, Nuenen.
1964	Ir. J.F. van der Brugge	Achter de Hoven 2, Dwingeloo.
*1949	Dr. H. Bruining	Papenvoortse Heide 8, Nuenen (N.B.).
*1956	Ir. R.A. Bruininga	Min. Lelylaan 86, Rijswijk (Z.H.).
1946	Ir. H.G. Bruijning	Beneden Beekloop 54, Geldrop.
1954	H.M.J. Bucx	Sleedoornstraat 120, Den Haag.
*1946	Ir. J.C. Buis	Diependaalse Drift 29, Hilversum.
*1958	Prof.Dr.Ir. F.W.W. van den Burg	Charl. de Bourbonstraat 6, Delft.
1967	Prof.Dr.Ing. H.J. Butterweck	Akert 148, Geldrop.
1964	Ir. J. van Buuren	Het Leunenberg 942, Enschede.
1958	P.K. Buys	Alpenlaan 2, Son (N.B.).
1954	Ir. J.A. Bijvoet	Johan Evertsenlaan 15, Oegstgeest.
*1952	Ir. A.E.M. Calon	van Dormaalstraat 8, Eindhoven.
*1958	Ir. E.E. Carpentier	Adrianalaan 264, Rotterdam.
*1946	Ir. J.F. Carrière	de Lammert 6, Geldrop.
*1967	Ir. M.J. Ceuleers	Wooldstraat 18, Winterswijk.
1969	B.H. Claasen	Escamplaan 340, Den Haag.
*1967	Ir. J.W. Coenders	Ganzetongstraat 4, Valkenswaard.
1954	C. Le Comte	Naarderstraat 240, Huizen (N.H.).
1953	J.G. Coster	Lohengrinstraat 38, Den Haag.
1955	W. Costerus	Johan van Vlietstraat 84, Haarlem.

*1966	Ir. F.J. Daalmans	Nieuweweg 36, Hoogerheide (Gem. Woensdrecht).
*1948	Ir. W.J.L. Dalmijn	Utrechtseweg 304B, Arnhem.
1965	Ir. G. van Dasler	Gemeenlandslaan 23, Huizen (N.H.).
*1954	Prof.Dr.Ir. J. Davidse	Cipreslaan 26, Rotterdam-12.
1959	R. Decossaux	Tuindorpweg 7, Maarn.
1969	Ir. M. van Deelen	Voorschoterlaan 51, Rotterdam.
*1965	Ir. G.B. Deelman	Roland Holstlaan 708, Delft.
1947	Ir. P.A. van Deinse	Admiraal van Gentstraat 9, Utrecht.
*1956	Ir. L.F. Dert	Van Lenneplaan 1, Hilversum.
*1953	Ir. J.C. Diels	Nassaulaan 1, Den Haag.
*1947	Ir. W.F. Dil	Mathijsenlaan 38, Eindhoven
*1964	Ir. A.J.M. Dingjan	Simon Stevinweg 126, Hilversum.
1958	Ir. J.C. Dito	Pr. Mariannelaan 64, Voorburg (Z.H.).
1949	G.J.C. Donk Jr.	Oude Amersfoortseweg 18, Hilversum.
1950	Ir. A.G. van Doorn	Isidorusweg 17, Eindhoven.
1953	F. Doornbos, Ing.	Radioweg 21, Apeldoorn.
*1956	Ir. J.I. Dorgelo	Van Bergenlaan 10, Wassenaar.
*1946	Ir. C. Dorsman	Willem Klooslaan 79, Eindhoven.
1954	H. Dost	Hoogstedelaan 46, Arnhem.
*1960	Ir. J.M. Douwes Dekker	Van Hogenhoucklaan 134, Den Haag.
*1942	Ir. C.P.L. van Doveren	Hoefloo 6, Laren (N.H.).
1957	Ir. L.G. Drenthen	Merelhoven 24, Capelle aan de IJssel.
1952	Ir. H. Drost	Jongkindstraat 18, Eindhoven.
1947	R.Y. Drost, Ing.	Diepenbroickpark 27, Weesp.
*1950	Prof.Dr.Ir. S. Duinker	Mollaan 1, Bloemendaal.
*1952	Ir. C. Dullemond	Joh. de Kortstraat 3, Eersel (N.B.).
*1939	Dr.Ir. H.C.A. van Duuren	St. v. 's-Gravesandeweg 83, Wassenaar.
1952	Prof.Dr.Ir. A.J.W. Duijvestijn	Soerenseweg 113, Apeldoorn.
1964	Ir. J. Dijk	Parcivalstraat 26, Eindhoven.
*1947	Ir. G.E.F. van Dijk	Min. Loudonlaan 19, Enschede.
1940	Prof.Ir. B. van Dijl	Joh. de Wittlaan 18, Eindhoven.
1951	B.J. Eckhardt	Lopik-radio, post IJsselstein.
1948	Ir. J.W. Edens	Willibrorduslaan 95, Waalre (N.B.).
1957	J.E. Eeckelaert	Pieter Postlaan 36, Hilversum.
*1967	Ir. L.D.J. Eggermont	Schutterlaan 64, Eindhoven.
*1963	Ir. A. van Egmond	Gladiolusstraat 2, Wassenaar.
*1963	Ir. C.J. van Elk	de Dissel 29, Laren (N.H.).
1962	Ir. H.W. Elsborg	Sweelinckhof 66, Waddinxveen.
*1942	Ir. M.C. Ennen	Radiostation Kootwijk, post Apeldoorn.
*1954	L. Ensing, Ing.	Prins Hendriklaan 13, Rijswijk (Z.H.).
*1951	Dipl.Ing. W. van Essen	Ottoburgstraat 64, Rijswijk (Z.H.).
1965	Ir. L.J.M. Esser	St. Gerardusplein 12, Eindhoven.
1952	J.A.G. van Everdingen	Laan van N. Oosteinde 105, Voorburg (Z.H.).
*1967	Ir. B. de Ferrante	Naarderweg 31A, Blaricum.
1951	Ltz. I.E. Ferwerda	Grundelweg 2A, Hengelo.
1958	Dr. A.D. Fokker	Kruislaan 17, Bilthoven.
*1954	Prof.Dr.Ir. J.C. Francken	Van Houtenlaan 218, Groningen.

*1964	Ir. G.C.N. Frankenmolen	Theseusweg 14, Eindhoven.
1952	M. Fransen	Dr. Schaepmanlaan 14, Heemstede.
*1952	Ir. C. Franx	Herman Heijermanslaan 22, Eindhoven.
*1923	Ir. F. de Fremery	Rossinilaan 40, Hilversum.
*1946	H. De Fremery	Van Swietenlaan 12, Eindhoven.
*1959	Ir. H. Furstner	Hoflaan 11, Hilversum.
*1968	Ir. S.J. Gaastra	Stationsweg 18, Grouw (Fr.).
*1960	Ir. J.H. Geels	Deken Batenburgstraat 18, Dongen (N.B.).
1949	P.J.M. Geenen	Sneeuwbalstraat 91, Den Haag.
1968	Ir. P.C. van der Geest	Rozeveldlaan 5, Wassenaar.
1951	W.H. van Gelder	Hoog Flat 111 II, van Leeuwenhoekstraat 5, Haarlem.
1952	Ir. J.H. van Gelderen	Ceintuurbaan 17, Hilversum.
*1968	Ir. J.A.W. Gelens	Herschelstraat 17, Amsterdam.
*1946	Prof.Dr.Ir. J.J. Geluk	G. Metsulaan 28, Hilversum.
1959	Ir. H.G. Gerlach	Willem Frisostraat 21, Aalst (N.B.).
*1962	Ir. J.C.A. van Gessel	v. Beeckstraat 17, Zoetermeer.
1941	Jhr.Dr.Ir. M. Gevers	Koekoeklaan 21, Eindhoven
1958	Ir. J.P.M. Gieles	Pasteurlaan 75, Eindhoven.
*1957	Ir. J.N.A.M. van Gils	Engweg 11, Bunnik.
1963	Ir. H.J. Gits	van Hogendorplaan 4, Eindhoven.
1957	Kapt.Ltz (E) E.V. Glaser	Karel Doormanlaan 24, Voorschoten.
*1946	Ir. D. Goedhart	Diependaalse Drift 40, Hilversum.
*1951	Ir. E. Goldbohm	Dahlialaan 42, Aerdenhout.
1966	Ir. E. Goldstern	Lijsterbeslaan 12, Hilversum.
*1969	Ir. J. Götz	Cornelis Jolstraat 6, Den Haag.
1963	Ir. H.C. de Graaff	Karel de Grotelaan 179, Eindhoven.
1968	J.C. de Granje	de Mildestraat 24, Den Haag.
1940	Ir. S. Gratama	Delflandstraat 85, Nootdorp.
1954	J.A. Greefkes	Poortakker 1, Knegsel (gem. Vessem N.B.).
1967	H.A.A. Grimbergen	Vondellaan 13, Leiden.
*1958	Dr.Ir. P.M.E.M. v.d. Grinten	Beatrixlaan 17, Geleen.
*1967	Ir. F.H. Groen	Zwaardvispad 8, Eindhoven.
1955	Prof.Dr. H. Groendijk	Vesaliuslaan 9, Eindhoven.
*1952	Ir. H.W.F. van 't Groenewout	Rotterdamse Rijweg 39, Overschie.
*1951	Prof.Ir. E.W. Gröneveld	Mozartlaan 1, Enschede.
*1952	Ir. J.A. Grosjean	Kretschmar van Veenlaan 74, Hilversum.
*1966	Ir. H.H. Grotjohann	Gravenstraat 16, Geldrop.
1943	Ir. F.H. Gusdorf	Jacob Reviuslaan 13, Eindhoven.
*1943	Ir. M.G.A. Haalebos	de Sitterlaan 61, Leiden.
1941	Dr. J. Haantjes	Elzentlaan 7, Eindhoven.
1948	Ir. A. de Haas	Aronskelkweg 52B. Den Haag.
1957	A.F.A. Hagendoorn, Ing.	Van Wassenhovestraat 29, Eindhoven.
*1964	Ir. P.J.C. Hamelberg	Norenburg 165, Den Haag.
*1961	Ir. Ph. Hanhart	Estrikweg 1, Huizen (N.H.).
*1949	Ir. H.N. Hansen	Slangenweg 32, Laren (N.H.).
1949	Ir. B.J. van Hardenberg	Irisstraat 32, Bussum.
*1963	Ir. C.H. ter Hark	Sonatestraat 18, Apeldoorn.

1958	Dr.Ir. P.A.H. Hart	Modemalaan 9, Eindhoven.
*1949	Ir. C.G. Hartland	Park Vronestein 43, Voorburg (Z.H.).
1963	Ir. G.H. Heebels	Schubertplantsoen 18, Voorschoten.
*1934	Ir. H.H. Heeroma	Storm van 's-Gravesandeweg 39, Wassenaar.
1957	W.P. Heespelink	Almeloplein 16, Den Haag.
*1963	Ir. H. Heitink	Zevenenderdrift 48, Laren (N.H.).
1952	Dipl.Ing. J. Hekner	Snelliuslaan 47, Hilversum.
*1952	Ir. S. Hekster	Laan van Alkemade 58, Oegstgeest.
1965	Ir. J.M. Helder	Van Raaphorststraat 19, Stompwijk.
1947	Ir. S.J. Hellings	Schapendrift 47, Laren (N.H.).
*1965	Ir. J.H. Hendriks	Aurorastraat 15, Eindhoven.
1963	W. Hermes	Van Almondelaan 25, Hilversum.
1959	Ir. H. Hermsen	Aaltje Noorderwierlaan 2, Bussum.
*1960	Ir. W. Herstel	Nieuwe Rijn 28, Leiden.
*1964	Ir. C.J. Heuvelman	Zagerstraat 13, Breugel (N.B.).
*1958	Ir. B.A. van Heijningen	Roeltjesweg 14, Hilversum.
*1946	Ir. A. Heystek	Julianalaan 172, Bilthoven.
1958	J. Hindriks, Ing.	Mauvestraat 12, Arnhem.
1969	Ir. H.M. Hoeksema	Hulst 84, Geldrop.
*1952	Ir. J.D. Hoepelman	Stastokdreef 2, Utrecht.
*1946	Ir. P.H.A. Hoffmann	Lohengrinstraat 60, Amstelveen.
1949	Ir. J.M. van Hofweegen	Sint Jansstraat 58, Oerle.
*1960	Dr.Ir. F.W. Hogesteeger	Nic. Ruyschstraat 6, Rotterdam.
*1952	Ir. F.W. Höld	Hongarenburg 138, Den Haag.
1965	B.T.J. Holman	A. Paulownadreef 4, Meerveldhoven.
*1951	Ir. B.G. Hooghoudt	Prinsenlaan 10, Oegstgeest.
*1950	Prof.Dr.Ir. A.T. de Hoop	Insulindeweg 18, Delft.
1958	P.J. Hooijmans	Spechtlaan 16, Leidschendam.
1966	W. van der Horst	Molenallee 63a, Wilp (G.).
*1925	J. Houtsmuller	van Alkemadelaan 634, Den Haag.
1954	Ir. J.C. Huizinga	Kleverparkstraat 19, Haarlem.
1947	J.J.A. Hulshoff, Ing.	Dr. Arienstraat 33, Lent.
1961	N. van Hurck	Thomaslaan 42, Eindhoven.
1951	Ir. F.J. van Hutten	Langevelderweg 38, Noordwijkerhout.
*1941	Ir. P.A.I. Huydts	G. v. Amstelstraat 387, Hilversum.
1940	Ir. H.T. Hylkema	Jagtlustlaan 9, Santpoort-Zuid.
*1959	Ir. R.S.H. Hylkema	Boslaan 18, Hilversum.
1959	P.W.L. van Iterson	Colijnlaan 7, Huizen (N.H.).
1954	Ir. F. de Jager	Bertelindislaan 23, Waalre (N.B.).
*1951	Prof.Ir. J.M.L. Janssen	v.d. Dussenweg 4, Delft.
1955	A. de Jong	Spechtlaan 12, Leidschendam.
1960	Ir. C. de Jong	Tollenskade 13, Voorburg (Z.H.).
1966	Ir. F. Jonker	Mr. D. Fockstraat 9, Rijswijk (Z.H.).
1958	Ir. G.A. Joosten	Jacob van Offwegenlaan 9, Rijswijk (Z.H.).
1951	Mevr.Ir. H.J. Jorritsma-Bregman	Joh. Geradtsweg 50, Hilversum.
1943	Ir. W.P. Jorritsma	Joh. Geradtsweg 50, Hilversum.
1949	Ir. B.F. Jurgens	van Renesseweg 3, Eindhoven.

*1959	Dr.Ir. J. Kaashoek	Jongkindstraat 14, Eindhoven.
*1967	Ir. C. Kamminga	Timorstraat 22, Delft.
*1958	Ir. A.J. Kampstra	Gerrit Kasteynweg 16, Den Haag.
1956	Ir. R.A. Kasper	Prinses Beatrixlaan 22, Oegstgeest.
1967	A. Kegel	Poptahof Zuid 469, Delft.
*1964	Ir. A.J.G. Kempff	Laan van Meerdervoort 762, Den Haag.
1947	F. Kerkhof	Heezerweg 220, Eindhoven.
1954	Kltz. R.H. Kerkhoven	Gruttolaan 15, Leidschendam.
1966	Ir. E. Kleihorst	Symfoniestraat 47, Apeldoorn.
1957	Prof.Dr. G. Klein	Ziggenstraat 4, Geldrop.
*1957	Ir. G.A. Klein	Loosdrechtseweg 117, Hilversum.
*1946	Ir. D. Kleis	Hastelweg 168, Eindhoven.
1963	A.C. de Klerk	Rembrandtlaan 31, Huizen (N.H.).
1961	P.H.J.A. Kleijnen	St. Odastraat 19, Eindhoven.
*1946	Ir. J.F.H. Klinkhamer	Molenheide 16, Lieshout.
*1965	Ir. C.A.G. Kloeck	Lange Heul 702, Bussum.
*1963	Ir. L.G.P. Kloppenborg	van Santhorststraat 36, Stompwijk.
1963	J.W. Klute	Antilopelaan 5, Eindhoven.
*1943	Ir. P.D. v.d. Knaap	Van Randwijkweg 35, Beek bij Nijmegen.
1966	W.B.S.M. Kneefel	Joh. Molegraafstraat 18, Noordwijk.
1920	Dr. A. Koerts	v. Nijenrodestraat 45, Den Haag.
*1958	Ir. A. Kok	Zwaluwlaan 15, Leidschendam.
1963	G.S. Kok, Ing.	Saksenhorst 3, Sassenheim.
1954	H. Kok	Roghmanpad 16, Eindhoven.
*1962	Ir. J.C. Kok	van Woudeweg 23, Woubrugge.
*1962	Ir. J.J.M. Koning	Duinlaan 125, Kijkduin-Den Haag.
1962	A. Koppenaal	Laan van Oostenburg 3, Voorburg (Z.H.).
*1966	Ir. H. Kraaijenbrink	Karakietstraat 36, Gouda.
1958	Ir. H.J. Kramer	Kastanjelaan 20, Hilversum.
1966	A.J. de Kremer	Hyacinthstraat 2, Noordwijk.
1966	A.H. Kriegsman	Dolderseweg 57B, Den Dolder.
1955	Ir. L. Krul	Fazantlaan 7, Leidschendam.
1960	Ir. S. Kukler	Vondellaan 62, Leiden.
1961	Ir. G.R. Kunnen	Willibrorduslaan 13, Valkenswaard.
*1965	Ir. M. Kunst	Gemeenlandslaan 35, Huizen (N.H.).
1968	J.P. Kunz	Kon. Julianalaan 205, Voorbrug (Z.H.).
*1952	Ir. H. van Lambalgen	Joh. Geradtsweg 77, Hilversum.
*1928	Dr.Ir. H. de Lange Dzn.	Statensingel 56a, Rotterdam.
*1961	Ir. J.F. Lansu	Joh. Geradtsweg 96, Hilversum.
*1950	Ir. A.J. Leenhouts	Haverkamp 23, Den Haag.
1959	G. Lehmann	3e Eeldepad 52, Den Haag.
*1958	Ir. H. Lels	Thorbeckelaan 593, Den Haag.
1956	A. Lenger	Gooiergracht 155, Laren (N.H.).
*1949	Dipl. Ing. J.H. Lengton	Van Ballegooysingel 32, Rotterdam.
1960	J. Lennings	Laan van Arenstein 23, Oegstgeest.
*1958	Jhr.Ir. J.L. van Lidth de Jeude	brink 6, Baarn.
*1966	Ir. J.G. de Lint	Steenbokstraat 20, Hengelo (O.).

1957	Drs. H.P.Th. van Lohuizen	Prinses Beatrixlaan 14, Voorburg (Z.H.).
*1952	Ir. L.J.W. van Loon	Dr. Kuyperlaan 56, Huizen (N.H.).
1958	Drs. B.L. Loopstra	N.V. Electrologica, Postbus 4576, Rijswijk (Z.H.).
1958	Ir. A.L.M. van Looveren	Duivelsbruglaan 44, Breda.
1959	Ir. F.C. van Looy	Orionlaan 125, Hilversum.
1960	Ir. J.Th. van Lottum	't Geluk 17, Geldrop.
1959	G.J. Lubben	Boerhaavelaan 30, Eindhoven.
*1967	Ir. G.W. Lubking	Vrijenbansestraat 20B, Rotterdam.
*1949	Ir. W. Lulofs	der Kinderenlaan 9, Laren (N.H.).
*1963	Ir. E.J. Maanders	Boschdijk 398, Eindhoven.
1947	Ir. F. Maarleveld	Ocarinalaan 562, Rijswijk (Z.H.).
1967	J.J.M. Maas	Vr. Baertestraat 9, IJsselstein (Ut.).
1965	W. Le Mair	Vincent Cleerdinlaan 12, Aalst (N.B.).
1957	Ir. J. Mak	Goorstraat 6, Eindhoven.
1966	Ir. J. Mandema	Jacob van Ruysdaellaan 15, Oegstgeest.
1954	Ir. M. Martin	Julianastraat 18, Haarlem.
*1963	Ir. H.V.A.M. Maseland	Hildebranddreef 74, Utrecht.
*1949	Ir. P.H. Max	Toorenveltstraat 12, Oegstgeest.
*1949	Ir. W.D. Meewezen	Stieltjeslaan 4, Hilversum.
*1965	Ir. H.M.J. Mevissen	Prof. Evertslaan 106a, Delft.
*1946	Ir. J. de Mey	Jonkerlaan 5, Wassenaar.
*1965	Ir. A. Meyer	Deelenstraat 2, Geldrop.
1959	Ir. J. Meyer Cluwen	Herman Heyermanslaan 31, Eindhoven.
1949	Ir. A. Moerman	Irenelaan 15, Zoetermeer.
1951	Ir. F. Möhring	Cremerstraat 43, Voorburg (Z.H.).
1955	J.C. Mol	Amstel 75, Amsterdam.
*1962	Ir. H. Mooijweer	Eversveld 9, Geldrop.
*1961	Ir. R.F.A. Mugie	Verboeckhorststraat 2, Venlo-W.
*1967	Ir. H. Mulder	Suzannaland 200, Den Haag.
1960	Ir. J. Mulder	Raadhuislaan 36, Eemnes.
1946	Brig. Gen. b.d. J.W.E. Mulder	Hooghei 36, Berlicum (N.B.).
*1940	Prof.Dr. C.E. Mulders	Beukenlaan 8, Nuenen (N.B.).
1957	Prof.Ir. C.A. Muller	Radiosterrenwacht, Dwingeloo.
*1956	Ir. J.C. de Munck	Julianalaan 125, Delft.
1964	Ir. L.G.M. Muyen	Dercksenstraat 18, Gouda.
1946	Dr.Ir. P.A. Neeteson	Churchillpark 10, Sterksel (N.B.).
*1957	Ir. F.R. Neubauer	Jacoba van Beierenlaan 141, Delft.
*1960	Ir. Th.J. Nieland	Zaadkorrel 11, Eemnes.
1966	K. Nienhuis	Beeklaan 76, Noordwijk-B.
1965	Ir. R.J. Nienhuis	Grameystraat 24, Nijmegen.
1962	Ir. L.R. Nieuwkerk	van Beeckstraat 18, Zoetermeer.
*1955	Ir. J. van Nieuwkoop	Mauritslaan 10, Oegstgeest.
*1953	Ir. W.F. Njio	Prinses Beatrixplantsoen 30, Bussum.
*1958	Ir. J. Noordanus	Bachlaan 6, Huizen (N.H.).
*1954	Ir. S.J. Noteboom	Diependaalselaan 302, Hilversum.
1957	Ir. E.J. Nijenhuis	Damsigtstraat 40, Voorburg (Z.H.).
*1966	Ir. F.F.Th. van Odenhoven	Fontanalaan 5, Eindhoven.

1969	Ir. R.W. Okkes	Irenestraat 22, Leiderdorp.
*1964	Ir. E. Olsen	Helmerslaan 83, Eindhoven.
*1966	Ir. G.P.H. Olthuis	Leenderweg 197, Eindhoven.
*1946	Ir. J.M. Olthuis	Fuutlaan 37a, Eindhoven.
*1955	Dr.Ir. L. Ongkiehong	Fresiaplein 7, Wassenaar.
1960	J.L. Ooms	de Genestetlaan 7, Baarn.
1961	J.A.M. van Oosterhout	Julius Röntgenlaan 22, Leidschendam.
1967	Ir. A.A.J. Otten	Mont-Blanc 24, Amstelveen.
*1966	Ir. W.B.G.M. Oude Vrielink	Muiderslotstraat 67, Breda.
1947	A.J.M.W. van Overbeek	Pauwlaan 5, Eindhoven.
*1943	Ir. A.W.M. Paling	Hilversumseweg 32, Laren (N.H.).
*1951	Dr.Ir. A.E. Pannenborg	Stationsstraat 46, Geldrop
*1952	Ir. J.E. Philips	Staringstraat 31, Nijmegen.
*1938	Prof.Ir. J. Piket	Stevinstraat 237, Scheveningen.
1961	Ir. J. van der Plas	Bremweg 12, Huizen (N.H.).
1963	Ir. P. Plomp	Van Hogendorplaan 1, Spakenburg.
*1953	Ir. C.J. Pluygers	Roland Holstlaan 21, Reeuwijk.
*1951	Prof.Dr.Ir. W.L. v.d. Poel	Fagotstraat 18, Rijswijk (Z.H.).
*1952	Ir. E.E.P. Poelman	Bernard Zweerslaan 11, Voorschoten.
*1920	Ir. M. Polak	"de Valreep", Berkenlaan 3, Katwijk a. Z.
1955	Ir. T. Poorter	Eindhovenseweg 16, Geldrop.
*1963	Ir. D.C.J. Poortvliet	Drienerbeeklaan 23, Enschede.
1967	Ir. K. Posthuma	M. ter Braaklaan 259, Delft.
1959	Ir. A.A. Potjer	Blijdensteinlaan 15, Hilversum.
1949	G. Prins	Jan Steenlaan 2, Oegstgeest.
1957	P. van Prooijen, Ing.	Spaaklaan 58, Utrecht.
*1960	Ir. R. van Raamsdonk	Händellaan 46, Den Haag-13.
*1955	Ir. G. Radstake	Van Nassau Dillenburgstraat 13, Waddinxveen.
1953	B. Ravesteyn	Gerard Doulaan 8, Baarn.
*1964	Ir. A. van der Ree	Reigerslaan 2, Voorhout.
*1964	Ir. W.F. Reeser	Van Alkemadelaan 886, Den Haag.
*1964	Ir. L.K. Regenbogen	Dr. H. Colijnlaan 144, Rijswijk (Z.H.).
1969	Ir. M.A. Reinders	Beethovenlaan 11, Leidschendam.
1967	J.W. Reinold	Charl. de Bourbonstraat 14, Waddinxveen.
1957	Ir. B.C. Reith	J.W. Frisolaan 4, Voorschoten.
1964	Ir.J.R. Reynders	Oude Amersfoortseweg 309, Hilversum.
*1958	Ir. G.L. Reijns	Jan Mulderstraat 187, Voorburg (Z.H.).
*1965	Ir. C.J.F. Ridders	Burgwal 3, Delft.
*1950	Ir. M. Rietveld	Plaswijcklaan 27, Rotterdam-12.
*1968	Ir. O.B.P. Rikkert de Koe	Hertogenlaan 18, Geldrop.
*1946	Ir. H. Rinia	Parklaan 24, Eindhoven.
*1960	A.G. Robeer, Ing.	Bosboom Toussaintlaan 73, Hilversum.
*1950	Prof.Ir. C. Rodenburg	Langenkampweg 113, Enschede.
*1946	Dr.Ir. N. Rodenburg	Hoflaan 13, Hilversum.
1946	Ir. H.A. Rodrigo	Beeklaan 506, Den Haag.
*1947	Ir. J. Rodrigues de Miranda	Willem Klooslaan 101, Eindhoven.
*1962	Ir. D.W. Rollema	Woonark "Archimedes" achter Hoofdstraat 99, Valkenburg (Z.H.).

*1949	Ir. C. Romeijn	Hollandselaan 13, Hilversum.
*1951	Ir. F.C. de Ronde	Broekhovenseweg 26, Waalre (N.B.).
1960	R. de Roo van Alderwerelt	Gouverneurkade 5, Voorburg (Z.H.).
1964	Ir. J.E. Rooyackers	Veldm. Montgomerylaan 707, Eindhoven.
1960	E.L. Ros	Willem van Hornestraat 3, Eindhoven.
*1958	Ir. G. Rosier	Sumatralaan 42, Hilversum.
1954	G.J. Rotgans, Ing.	Bodemanstraat 63, Hilversum.
*1963	Ir. E. Roza	Gravenstraat 23, Geldrop.
*1946	Ir. N. Rusting	Haviklaan 41, Den Haag.
1959	Ir. H.A.J. Rijnja	Gustav Mahlerlaan 7, Voorschoten.
*1953	Ir. J.J. van Rijsinge	Beatrixlaan 11, Ermelo.
*1966	Ir. R. Samson	M. ter Braaklaan 59, Delft.
1943	H. Sanders	Landregtstraat 1, West Souburg, Gem. Vlissingen.
1953	J. Schaap	Zandvoortselaan 168, Heemstede (post Aerdenhout).
1965	J.H. Schaatsberg	Oude Amersfoortseweg 275, Hilversum.
*1932	Ir. J. Schalkwijk	Vermeerlaan 39, Hilversum.
1952	J.W.A. van der Scheer, Ing.	Prins Bernhardlaan 62, Leidschendam.
1957	Ir. J. Schelling	Kroonlaan 56, Hilversum.
1949	G. Schenkel	Philips Kapittelweg 10, Breda.
*1965	Ir. T.J. Schep	Marius Richterslaan 107, Jutphaas.
1951	Ir. D.C. Schering	Pieter Calandlaan 32hs, Amsterdam (Slotervaart).
*1952	N. Schimmel	Quarles van Uffordstraat 58, Noordwijk aan Zee.
1959	A.M. Schmidt	Statenweg 38a, Rotterdam.
*1952	M.C. Schol	Insulindeweg 11, Delft.
*1946	Ir. E. Scholten	Beeklaan 182, Noordwijk.
*1953	Ir. J.W. Scholten	Dwarslaan 6, Blaricum.
1960	Ir. C. van Schooneveld	Paradijsstraat 35, Voorburg (Z.H.).
1954	Ir. R. Schornagel	Eikenrodelaan 27, Amstelveen.
*1941	Ir. J.K. Schouten	Lijsterbeslaan 30, Hilversum.
*1947	Prof.Dr.Ir. J.P. Schouten	Poortlandplein 2, Delft.
*1964	Ir. J.Th.R. Schreuder	Burg. Keijzerlaan 177, Leidschendam.
*1950	Ir. J.J. Schreuders	Fazantlaan 20, Leidschendam.
*1966	Ir. H. Schreur	Frans Halslaan 25, Huizen (N.H.).
*1957	Ir. A.F. Schwarz	Hendrik Tollensstraat 204, Delft.
1952	O.J. Selis	Ananasstraat 38, Den Haag.
*1968	Ir. E. de Sénerpont Domis, L.T.Z.3	Kruisbeklaan 54, Den Haag.
1951	Ir. J.M.G. Seppen	Kretschmar van Veenlaan 79, Hilversum.
1954	Ir. S.W.J. Serlé	Landsteinerbocht 9, Delft
1966	P.A.A. Sevat, Ing.	Melis Stokelaan 2072, Den Haag.
1966	A.J. Sietsma	Tonterstraat 13, Riethoven (N.B.).
1950	Ir. G.J. Siezen	Jan van Rotselaerlaan 1-3, Waalre (N.B.).
1966	Ir. A. Da Silva Curiel	Burg. Keijzerlaan 37, Leidschendam.
*1967	Ir. E.Th. Simon	Schrobbelaarstraat 16d, Delft.
*1967	Ir. J.S. van Sinttruyen	Roland Holstlaan 1047, Delft.
*1957	Ir. J.C. Sirks	Frankenslag 382, Den Haag.
*1943	Jhr. Ir. W. Six	Steynlaan 6, Hilversum.
1961	Ir. G.C. van Slagmaat	ten Brakeweg 24, Sterksel (N.B.).

1950	M. van Sliedregt	Lumeystraat 21, Zoetermeer.
*1947	Ir. C. Slofstra	Petrus Dondersstraat 93, Eindhoven.
*1967	Ir. J.W. Slotboom	Drossaardstraat 23, Geldrop.
*1951	Prof.Dr.Ir. J. Smidt	v.d. Dussenweg 8, Delft.
1955	C.A. Smit	Copernicuslaan 100, Den Haag.
1968	E.R. Smit	Burgemeester Sweenslaan 39, Leidschendam.
1951	H.J.A. Smit, Ing.	Oude Velperweg 41, Arnhem.
1961	Ir. J.A. Smit	Spoorzichtlaan 5, Heemstede.
*1967	Ir. J. Smith	Jisperveldstraat 420, Amsterdam-N.
1968	Ir. L.H. Sondaar	Zwetkade 30, Delft.
1967	A.A. Spanjersberg	Beatrixstraat 15, Leiderdorp.
*1963	Ir. G.A. van der Spek	Brederode 22, Leiderdorp.
1959	W.F. Springer	Gaspeldoornlaan 42, Eindhoven.
*1947	Ir. C.J.H.A. Staal	Boerhaavelaan 57, Eindhoven.
1948	Ir. M. Staal	IJsselstraat 25, Hengelo (O.).
1960	Ir. P. Stam	Anninksweg 98, Hengelo (O.).
1955	Ir. J. Starreveld	Ericaweg 9, Huizen (N.H.).
1966	J. van Staveren	Donker Curtiusstraat 16, Apeldoorn.
*1964	Ir. T.W. van Steenbergen	Thorbeckestraat 6, Huizen (N.H.).
1952	Ir. M. Steffelaar	Nestorlaan 25, Eindhoven.
1956	A.L. Steiner	Veenendaalkade 452, Den Haag.
*1950	Ir. W.D.P. Stenfert	Bachlaan 20, Hilversum.
1957	W.P. Stiekema, Ing.	Karl Marxstraat 51, Rotterdam-25.
*1943	Prof.Ir. F.H. Stieltjes	Ansbalduslaan 44, Waalre (N.B.).
1947	Ir. J. Stolk	Petrus Dondersstraat 67, Eindhoven.
1950	Dr. F.L. Stumpers	Elzentlaan 11, Eindhoven.
1965	Ir. H.J. Suermondt	Sophialaan 21, Hilversum.
1960	B. Swets	Hazelaarlaan 37, Hilversum.
*1965	Ir. R.C. Tan	Hendrik Tollensstraat 356, Delft.
1968	Ir. J.B.F. Tasche, LT.Z. E 3	Schubertplantsoen 51, Voorschoten.
*1965	Ir. H. Tendeloo	De Genestetlaan 3, Baarn.
*1969	Ir. A.C.T. Timmermans	Prins Frederiklaan 327, Leidschendam.
1953	Ir. D.L.A. Tjaden	Poortakker 2, Knegsel (N.B.).
1949	Ir. F. van Tongerloo	"De Wiebos", Julianalaan 13, Heeze.
*1963	Ir. P. den Toonder	Julianalaan 11, Dubbeldam.
*1947	Ir. M.L. Toppinga	Thorbeckestraat 55, Delft.
*1947	Prof.Dr.Ir. A.A.Th.M. van Trier	Kochlaan 6, Eindhoven.
*1946	Dr.Ir. Th.P. Tromp	Sumatralaan 1, Eindhoven.
1959	Dr. N.C. de Troye	Leeuweriklaan 10, Riethoven.
*1960	K.A.B. Tubbing	Delflandstraat 61, Nootdorp.
*1964	Ir. A.C. Tuinenburg	Rhijngeesterstraatweg 12, Oegstgeest.
*1947	Ir. J.J.P. Valeton	Floralaan West 143, Eindhoven.
*1966	Ir. K. van der Valk	Van Goyenstraat 7, Son (N.B.).
*1965	Ir. S.J. Valkenburg	Beneden Beekloop 17, Geldrop.
*1958	Ir. F. Valster	Eversveld 7, Geldrop.
*1964	Ir. L.P.J. Veelenturf	Reelaan 11, Enschede.
*1947	Ir. R. v.d. Veen	Vliegenvangerlaan 13, Den Haag.

1966	M.A. Vellekoop	Gravin Marialaan 12, Leidschendam.
*1965	Ir. C. van Velthooven	Csardasstraat 24, Nijmegen.
*1966	Ir. B.P.Th. Veltman	Händellaan 3, Voorschoten.
*1959	Ir. H.H. van de Ven	Liviuslaan 51, Eindhoven.
1957	Dr.Ir. L.A.M. Verbeek	Thorbeckestraat 35, Delft.
1967	M. Verduin	Sonseweg 25, Eindhoven.
*1946	Ir. J.A. Verhoef	Hub. v.d. Clusenstraat 5, Waalre (N.B.).
1952	Ir. W.J. Verhoeff	Velthuysenlaan 15, Laren (N.H.).
*1962	Ir. J.J. Verhoeven	Hofmeierstraat 16, Geldrop.
1965	Ir. L.A.J. Verhoeven	Waardstraat 9, Geldrop.
*1961	Ir. J.M. Verloop	Zeshoevenstraat 87, Udenhout (N.B.).
*1966	Ir. A.P. Verlijsdonk	Lissevoort 19, Nuenen (N.B.).
*1964	Dr.Ir. A. Vermeer	Koningin Emmaweg 104, Houten (Ut.).
*1954	Ir. J. Vermeulen	Drienerbeeklaan 29, Enschede.
*1943	Ir. R. Vermeulen	August Sniederslaan 18, Eindhoven.
*1946	Ir. M.J. Vermeijden	Ieplaan 104, Den Haag.
1951	Ir. A. Versnel	Hubertus van der Clusenstraat 4, Waalre (N.B.).
1950	Ir. J. Verstraten	Neerlandstraat 16, Geldrop.
1931	Ir. J.C. Verton	Pomonalaan 14, Den Haag.
1950	Drs. H.J.A. Vesseur	Dantelaan 20, Utrecht.
1962	Ir.R. Viddeleer	Burg. C. van Necklaan 606, Leidschendam.
1966	Ir. E. Vingerling	Zaadkorrelweg 24, Eemnes.
1943	Ir. W.C. Vis	van Montfoortstraat 5, Voorburg (Z.H.).
1965	Ir. W. Visscher	Julius Röntgenlaan 12, Leidschendam.
*1948	Ir. B. Visser	Bankastraat 93, Dordrecht.
*1968	Ir. J.J. Visser	Regentesseweg 1A, Zandvoort.
*1964	Ir. C.A. Vissers	Reelaan 9, Enschede.
*1957	Ir. H. Vissinga	Van Kempenstraat 30, Voorschoten.
1958	W.H.Th. van Vlerken	Burg. Gülcherlaan 3, Hilversum.
*1966	Ir. J.N. Vles	Hullenbergweg 2, Bennekom.
1947	W. Vogt	Vliegweg 16, Blaricum.
1920	Ir. A.H. de Voogt	Piet Heinstraat 62a, Den Haag.
1957	Ir. J.A.H. van Voorthuizen	Rijnweg 304, Monster.
1956	Ir. J.A. van der Vorm Lucardie	Scheldelaan 9, Son (N.B.).
1941	Ir. J.N. Vos	Pasteurlaan 105, Eindhoven.
1949	Ir. L.R.M. Vos de Wael	Laan van Oostenburg 49, Voorburg.
*1950	Ir. K. Vredenbregt	Kwikstaartlaan 30, Leidschendam.
*1964	Ir. J.P. de Vreede	Mozartlaan 34, Leidschendam.
1949	Dr. J.A. Vreeswijk Jr.	Merelhof 10, Baarn.
1952	Ir. G. Vries	Hanenburglaan 236, Den Haag.
1965	Ir. J.A.G.G. de Vries	Koedijk 28, Huizen (N.H.).
1950	M.C. Vrolijk	Jan Bollandlaan 16, Eindhoven.
1952	Dr. F.W. de Vrijer	Boshovensestraat 11, Riethoven.
1968	P. Vijzelaar	J.A. Kalfflaan 20, Hilversum.
1953	Ir. A. de Waard	Kretschmar van Veenlaan 94, Hilversum.
*1943	Ir. P. de Waard	Burg. Wouterslaan 8, Monster.
*1960	Ir. G.L. Walther	Charlotteplaats 10, Zoetermeer.

*1966	Ir. F.J. Wassink	Wilgenplaslaan 212, Rotterdam.
*1959	Ir. M. Weeda	Postbus 297, Hilversum.
*1941	Dr.Ir. A. van Weel	Boslaan 9, Mierlo.
*1954	Ir. P.A. Wegelin	Groen van Prinstererlaan 11, Huizen (N.H.).
*1935	Prof.Jhr.Ir. J.L.W.C. von Weiler	Neuhuyskade 22, Den Haag.
1941	Ir. W. Werner	Rullen 2E, Gerwen (gem. Nuenen N.B.).
*1961	Ir. K.H. Wesseling	Nieuwe Schoolstraat 3, Den Haag.
1948	Ir. B.J. Wesselink	Dr. Kuyperlaan 46, Huizen (N.H.).
1950	Ir. J.H. Wessels	Rietstraat 49, Geldrop.
1962	B.E. Westerman	Kon. Wilhelmina Boulevard 27, Noordwijk aan Zee.
1963	Ir. N.B.J. Weyland	Van Poelgeestlaan 3, Leiderdorp.
1958	Ir. E. Willems	Pennendijk 23, Ulvenhout.
1964	Ir. D. van Willigen	Dr. Albert Plesmanplein 5, Gouda.
1958	J. Winters	Roerdompstraat 9, Badhoevedorp.
*1961	Ir. C. Wit	Jasmijnlaan 3, Pijnacker.
1954	Ir. C.T. de Wit	Vesaliuslaan 18, Eindhoven.
*1966	Ir. M. Woerlee	Waalstraat 6, Alphen aan de Rijn.
*1958	Prof.Ir. D.H. Wolbers	Gustav Mahlerlaan 32, Voorschoten.
*1947	Ir. J.S. Woldringh	Koningslaan 42, Bussum.
1967	C.G. Wouters	Wantsnijdersgaarde 251, Den Haag.
*1968	Ir. P. v. Wouwe	Soestdijkerstraatweg 1, Hilversum.
*1966	Ir. P. van der Wurf	Schoutstraat 7, Geldrop.
1956	Ir. C.J. Wustenhoff	Kam. Onnesweg 30, Enschede.
*1930	Jhr. Dr.Ir. C.Th.F. v.d. Wyck	van Calcarlaan 42, Wassenaar.
*1966	Ir. J. van Wijngaarden	Radioweg 5, Apeldoorn.
1955	Dr. J.G. van Wijngaarden	Geuzenberg 7, Son (N.B.).
1957	Ir. R.M.G. Wijnhoven	Rulstraat 24, Geldrop.
1947	Prof.Dr. J.J. Zaalberg van Zelst	Da Costaweg 5, Eindhoven.
*1969	Ir. B. Zanting	Burg. Caan van Necklaan 333, Leidschendam.
*1960	Ltz.(E) I C.M. de Zeeuw	Neuweg 354, Hilversum.
*1959	Ir. L.E. Zegers	Beneden Beekloop 10, Geldrop.
*1946	Prof.Ir. W.H. van Zoest	Le Sage ten Broeklaan 87, Eindhoven.
1956	Dr. J.J. van Zolingen	van Lawick van Pabststraat 40, Arnhem.
1946	Ir. L.C. Zonneveld	Lijsterlaan 13, Eindhoven.
1957	W.A.J.M. Zwijsen	Magnoliastraat 2, Eindhoven.
*1949	Ir. P. Zijlstra	Kievitlaan 3, Eindhoven.
1957	Ir. J.D. Zijp	Kootwijk Radio, post Apeldoorn.

BUITENLANDSE LEDEN

*1950	Ir. H.H. van Abbe	75 Avenue de la Sarriette, Brussel 2, België.
1964	Ir. K.K. Agarwal	Bell Tel. Labs, Route 125, N. Andover, Mass. 01845, U.S.A.
1967	Ir. F.H. Altmann	Rechor Haboniem 69, Kiriat Tivon, Israël.
1959	Dr. Bruce B. Barrow	Sylvania Applied Research Lab., 40 Sylvan Road, Waltham 54, Mass., U.S.A.

1967	Ir. M.W. van Batenburg	c/o NATO SACLANT ASW Research Centre, Viale San Bartolomeo 400, La Spezia, Italy.
1946	Ir. F.H.E. Bicknese	42 Birchstreet, Post Washington, Long Island, New York U.S.A.
1964	Ir. M.A. Bos	862 College Parkway T. Rockville (Maryland) 20850, U.S.A.
1950	Tj. Douma	206 Kingsley Road, Kingston Estates, Cherry Hill, N.J. 08034, U.S.A.
1964	Ir. J.H. van Dijk	6 Fairhaven Court, 8-10 Ashburton Road East Croydon, Surrey, England.
1964	Ir. J.W. Ero	22 Cavendish Gardens, Redhill, Surrey, England.
1966	Ir. H.W. de Haan	Le Bois des Roches 91, St. Michel sur Orge, Paris, France.
1954	Ir. J.A. Hammer	4695 Helenwood Drive, Williamsville, N.Y. 14221, U.S.A.
*1961	Ir. L.J. Hartog	Frederik van Eedenplein 3, Antwerpen, België.
1953	Ir. B.L. Kaper	a/c Philips Do Brasil, C P 7018, Sâo Paulo, Brasil.
*1956	Ir. S. Korthals Altes	328 Southfield Drive, Fayetteville, New York, U.S.A.
*1960	Ir. L.L. Kossakowski	Rue Breydell 26, Brussel 4, België.
*1960	Ir. C. Kraaij	Clos du Mouron 18, Brussel 15, België.
*1966	Ir. A.S.T. Kruijf	42 Knollbrook Road, Apartment 14, Rochester N.Y. 14610, U.S.A.
1952	A.W. Kymmell	1116 Fairway Drive NE, Vienna VA, 22180, U.S.A.
*1963	Ir. F. Labaar	40 South Bedford Road, Burlington, Mass., U.S.A.
*1952	Prof.Ir. G.J. Levenbach	229 Union Avenue, New Providence, New Jersey, U.S.A.
1948	Ir. J.C. van Marle	c/o Saclant ASW Research Center, Viale San Bartolomeo 92, La Specia, Italia.
*1963	Ir. Tj. v.d. Meulen	Industria Brasileira de Eletricidade S.A., (Inbelsa), Rua Amador Bueno 474, Zona Postal 18, Caixa Postal 3159, Sao Paulo, Brasil.
1950	Ir. E.R. Post	23 Ware Street, Cambridge (38), Mass., U.S.A.
*1967	Ir. G.J.M. Pappot	U.N. Development Program, P.O. Box 5, Kabul (Afghanistan) via Moskou (U.S.S.R.)
1946	Prof. Olaf Rydbeck	Chalmers University, Gothenburg (Zw.).
*1961	Prof.Dr.Ir. J.P.M. Schalkwijk	c/o Dept. of Appl. Electrophysics U.C.S.D., Box 109, La Jolla (Calif. 92037) U.S.A.
1964	Dipl. Ing. E. Schanda	Sidlerstrasse 5, Bern, Zwitserland.
1957	F.J. Soede	c/o U.N.I.D.O. Felderhaus, Rathausplatz 2, A-1010 Vienna, Austria.
1958	Dosent H. Sørbye	Inst. v. Telefoontechniek, Trondheim, Noorwegen.
*1960	Dr.Ir. W.J.D. Steenaart	5 Secade Drive, Elnora, New York 12065, U.S.A.
1937	Ir. A.C. Veldhuis	Box 210 RD, West Chester, Pa. U.S.A.
*1953	Ir. J.C. Vermeulen	1370 Knox Drive, Boulder, Colorado, 80302, U.S.A.
1965	Ir. A.J.R. Westbroek	3 Rue George Flament, Poissy, France.
*1969	Ir. J.A.M. Wiendels	c/o Shell Curaçao N.V., Emmastad, Curaçao (N.A.).